



**Ricardo Filipe de
Oliveira Nascimento**

**Realidade Aumentada: modelos de interação e
visualização em *tablets***



**Ricardo Filipe de
Oliveira Nascimento**

**Realidade Aumentada: modelos de interação e
visualização em *tablets***

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Comunicação Multimédia, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Carla Miguéis Amaro, Professora Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e coorientação científica do Doutor Pedro Miguel dos Santos Beça Pereira, Professor Auxiliar do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais que me têm apoiado em todos os momentos.

o júri

presidente

Professora Doutora Ana Margarida Pisco Almeida

Professora Auxiliar do Dep. Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Diogo Nuno Pereira Gomes

Professor Auxiliar Convidado do Dep. de Eletrónica, Telecomunicações e Informática da
Universidade de Aveiro

Professora Doutora Ana Carla Miguéis Amaro

Professora Auxiliar do Dep. Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores, Professora Ana Amaro e Professor Pedro Beça, pela disponibilidade e suporte durante a condução de todo este projeto de investigação.

Igualmente, ao orientador empresarial Fausto de Carvalho por todo o apoio, suporte, acompanhamento e paciência demonstrada ao longo de todo o projeto de investigação.

Em particular, à PT Inovação S.A. pela oportunidade concedida e proporcionada, de conduzir e realizar este projeto em contexto organizacional.

Às equipas e departamentos da PT Inovação S.A. que direta ou indiretamente acabaram por ter um contributo determinante na realização e concretização deste projeto e em especial aos participantes envolvidos no processo de avaliação.

Aos meus pais e familiares, por todo o apoio e suporte demonstrado ao longo deste percurso académico.

A todos os meus amigos por estarem presentes e me terem dado motivação, e a um nome em especial por todo o apoio que me proporcionou.

A todos vós, um sincero obrigado.

Palavras-chave

Realidade aumentada, interação, visualização, *tablets*, dispositivos móveis

resumo

A evolução tecnológica que se tem verificado ao longo dos últimos anos, abriu novos horizontes e novas fronteiras à forma como hoje nós, seres humanos, nos relacionamos, comunicamos e interagimos com o mundo. Um marco associado a esta nova Era tecnológica, é o surgimento de dispositivos móveis.

Os mais recentes dispositivos móveis, e em particular os *tablets*, caracterizam-se por uma nova abordagem paradigmática à forma como se interage e manipula informação. A atual conjuntura tecnológica destes dispositivos e dos seus suportes, possibilitou que novos contextos aplicativos emergissem. É assim, neste quadro, que a tecnologia de realidade aumentada encontra um novo suporte aplicativo, que trás consigo um conjunto de características diferenciadoras dos suportes existentes até então.

No entanto, a celeridade com que esta solução e oportunidade tecnológica emerge trouxe consigo um conjunto de desafios tecnológicos mas também, e acima de tudo, humanos. A forma como se projeta a mediação humano-tecnológica determina o seu potencial uso e exploração em diferentes áreas de atividade Humana. Este é o contexto que estabelece o ponto de partida para esta investigação científica.

Desenvolvido em contexto empresarial na PT Inovação, este projeto tem como objetivo explorar, concetualizar e validar novas propostas de mediação tecnológica assentes nos domínios de interação e visualização de informação. Através de um processo iterativo e criativo foram assim concetualizadas várias propostas, que foram posteriormente avaliadas com base num protótipo funcional: MarvIn. Através deste processo de avaliação procurou-se determinar a validade, viabilidade e contributo que estas propostas vêm acrescentar a este ainda recente domínio científico.

keywords

Augmented reality, interaction, visualization, tablets, mobile devices

abstract

The technological evolution that has occurred over the last few years has permanently changed the way we - humans - relate, communicate and interact in today's world. A milestone associated with this new technological Era is the emergence market of mobile devices.

The most recent mobile devices, and tablets in particular, are characterized by a new paradigmatic approach to how one can interact and manipulate information. The current technological environment and support of these devices, opened a way for new applicational contexts to emerge. Following this trend, augmented reality technologies find a new applicational support, which brings a new set of features not possible before.

However, the promptitude in which this solution and opportunity have thrived, has brought a number of technological and, above all, human challenges. The way the human-technological mediation is designed, defines its potential use and development in different areas of human activity. This is the context that provides the starting point for this scientific research.

Developed in an enterprise environment at PT Inovação, this project aims to explore, conceptualize and validate new approaches based in the areas of interaction and information visualization. Through an iterative and creative process, several models were developed and evaluated base on a prototype: MarvIn. Through this evaluation process, this project attempted to resolve the validity, viability and contributions that the project conclusions can add to this recent scientific domain.

Índice

1 Introdução.....	1
1.1 Caraterização do problema de investigação	1
1.2 Finalidades e objetivos do projeto	4
1.3 Questão de investigação	5
1.4 Organização da investigação.....	5
1.5 Estrutura da dissertação.....	6
2 Enquadramento teórico	7
2.1 Dispositivos móveis	7
2.1.1 Os <i>Tablets</i> : o caso particular do estudo	10
2.1.2 Princípios de desenvolvimento aplicacional: O <i>User experience</i>	13
2.2 Realidade aumentada em dispositivos móveis: interação e visualização de informação	34
2.2.1 Interação.....	39
2.2.2 Visualização	42
2.2.3 Cenários de utilização.....	46
3 Metodologia	53
3.1 Caraterização da investigação.....	54
3.2 Participantes.....	58
3.3 Métodos e técnicas de recolha de dados.....	59
3.3.1 Pesquisa documental	59
3.3.2 Inquérito pré-teste.....	60
3.3.3 <i>Cognitive walkthrough</i>	60
3.3.4 <i>Contextual inquiry</i>	61
3.3.5 Registo vídeo.....	61
3.4 Tratamento e análise de dados	61
4 Modelos de interação e visualização de informação em contexto de realidade aumentada em tablets: concetualização e implementação do protótipo	63
4.1 Princípios de concetualização	63
4.2 Modelos de interação	64
4.2.1 Navegação por laterais	65
4.2.2 Navegação circular	66
4.2.3 Navegação por coordenadas	66
4.2.4 Navegação em cubo.....	67
4.2.5 Navegação por atalhos geométricos.....	68
4.2.6 Navegação circular vertical e expansão de conteúdos.....	68
4.2.7 Navegação composta sobre o objeto real e ações.....	69

4.2.8	Navegação adaptativa entre objetos.....	71
4.2.9	Navegação entre grandezas – <i>dynamic data timeline</i>	71
4.3	Modelos de visualização de informação e dados.....	72
4.3.1	Reconstrução da imagem.....	72
4.3.2	Readaptação da aplicação.....	73
4.3.3	Filtragem de conteúdos – <i>tunnel view</i>	73
4.3.4	<i>Dynamic bars</i>	74
4.3.5	Formas numéricas dinâmicas.....	74
4.4	Protótipo: MarvIn.....	75
4.4.1	<i>Use case</i>	76
4.4.2	Seleção, adaptação e integração dos modelos de interação e visualização de informação 78	
4.4.3	Levantamento dos requisitos funcionais.....	80
4.4.4	Desenho técnico: <i>wireframing</i>	81
4.4.5	Desenho de conteúdo.....	87
4.4.6	Desenho gráfico.....	89
4.4.7	<i>Interactive design</i>	102
4.4.8	Implementação.....	103
5	Recolha e análise de dados: avaliação e validação dos modelos.....	107
5.1	Caraterização dos participantes.....	107
5.2	Cenários de teste.....	108
5.3	Resultados da avaliação: MarvIn.....	108
5.4	Resultados da avaliação: modelos de visualização de dados selecionados.....	119
5.4.1	<i>Dynamic bars</i>	120
5.4.2	Formas numéricas dinâmicas.....	122
5.5	Análise e discussão dos resultados obtidos.....	126
6	Conclusões.....	133
6.1	Contribuições do estudo.....	135
6.2	Limitações do estudo.....	136
6.3	Sugestões de trabalho futuro.....	137
7	Referências bibliográficas.....	141

Índice de Figuras

Figura 1 - Imagem ilustrativa do telemóvel DynaTAC da Motorola (1983)	8
Figura 2 - UX umbrella – (Dan Willis, 2011)	15
Figura 3 - Dispositivos móveis: Mecanismos e formatos manuais de interação sobre o visor	21
Figura 4 - <i>Tablets</i> - Zonas propícias à interação – Orientação <i>landscape</i> (adaptado de Interactions, 2013; Wroblewski, 2012).....	23
Figura 5 - <i>Milgram's continuum</i> (adaptado de Milgram and Kishino apud Gloria E. Jaramillo, 2010)	36
Figura 6 - Exemplos de aplicações móveis de RA.....	49
Figura 7 - Metodologia: Fases de desenvolvimento	54
Figura 8 - Navegação por laterais: 4 gestos possíveis	65
Figura 9 - Navegação por laterais: navegação <i>drag up</i>	65
Figura 10 - Navegação circular: atração de elementos 1.....	66
Figura 11 - Navegação circular: atração de elementos 2.....	66
Figura 12 - Navegação por coordenadas	67
Figura 13 - Navegação em cubo	67
Figura 14 - Navegação através de formas geométricas	68
Figura 15 - Navegação circular e expansão de conteúdos	68
Figura 16 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: matriz de pontos de navegação.....	69
Figura 17 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: navegação e seleção de objetos	70
Figura 18 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: componente de ações/funcionalidades	70
Figura 19 - Navegação entre grandezas: <i>dynamic data timeline</i>	71
Figura 20 - Relação entre grandezas: <i>dynamic bars</i>	74
Figura 21 - Visualização de formas numéricas dinâmicas	75
Figura 22 - Áreas de interação e visualização: contexto de RA.....	79
Figura 23 - Áreas de interação e visualização: contexto normal de aplicação	79
Figura 24 - Imagem ilustrativa do ambiente principal do protótipo: listagem de alarmes	82
Figura 25 - Imagem ilustrativa do ambiente principal do protótipo: listagem de alarmes e informação de uma alarme específico	83
Figura 26 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: iniciar assistente de operação.....	84
Figura 27 - Imagem ilustrativa da 1ª tarefa/instrução em contexto de realidade aumentada	85
Figura 28 - Imagem ilustrativa da 1ª tarefa/instrução sem contexto de realidade aumentada.....	85
Figura 29 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: indicação de estado	86
Figura 30 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: informação final do estado	86
Figura 31 - Imagem ilustrativa da paleta de cores utilizada	90
Figura 32 - Imagem ilustrativa dos tipos de letra utilizados	90
Figura 33 - Imagem ilustrativa dos tamanhos de letra	91
Figura 34 - Imagem ilustrativa do alerta referente à existência de alarmes no equipamento	91

Figura 35 - Imagem ilustrativa de um botão de POIs.....	92
Figura 36 - Imagem ilustrativa da ocultação dos restantes botões de POI's.....	93
Figura 37 - Imagem ilustrativa da área de informação do equipamento	93
Figura 38 - Imagem ilustrativa da área de informação detalhada do alarme selecionado.....	94
Figura 39 - Imagem ilustrativa das dimensões dos botões de ação/decisão	95
Figura 40 - Imagem ilustrativa dos botões de ação/decisão	95
Figura 41 - Imagem do <i>plash screen</i> do protótipo	96
Figura 42 - Imagem ilustrativa da área principal do protótipo	97
Figura 43 - Imagem ilustrativa da área principal do protótipo com um alarme/POI's selecionado.....	98
Figura 44 - Elementos circulares de identificação da localização do alarme em RA.....	98
Figura 45 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: entrada no AO	99
Figura 46 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: operação em curso	100
Figura 47 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: operação concluída.....	100
Figura 48 - Imagem ilustrativa de uma tarefa em contexto de RA	100
Figura 49 - Imagem ilustrativa de uma tarefa fora do contexto de RA	101
Figura 50 - Imagem ilustrativa de uma tarefa com suporte em contexto de RA.....	102
Figura 51 - Imagem ilustrativa de <i>interactive design</i>	103
Figura 52 - Imagem ilustrativa do modelo de <i>dynamic bars</i> aplicada ao <i>use case</i>	120
Figura 53 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: <i>dynamic bars</i>	121
Figura 54 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado ao <i>use case</i> : <i>Formas numéricas dinâmicas #1</i>	122
Figura 55 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: <i>Formas numéricas dinâmicas #1</i>	123
Figura 56 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado no <i>use case</i> : <i>Formas numéricas dinâmicas #2</i>	124
Figura 57 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: <i>Formas numéricas dinâmicas #2</i>	124
Figura 58 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado no <i>use case</i> : <i>Formas numéricas dinâmicas #3</i>	125
Figura 59 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: formas numéricas dinâmicas #3.....	126

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - <i>Tablets</i> – Quota de mercado de SO – Q3 2012 (adaptado de Mawston, 2012)	12
Gráfico 2 - <i>Tablets</i> - Quota de mercado de marcas - Q3 2013 (adaptado de Whitney, 2013)	13
Gráfico 3 - Gráfico relativo à percentagem de respostas corretas e incorretas do guião de questões	109
Gráfico 4 - Gráfico ilustrativo da percentagem de tarefas concluídas com sucesso, concluídas com ajuda e tarefas não concluídas	110
Gráfico 5 - Gráfico ilustrativo dos tempos médios de realização das tarefas em segundos.....	110
Gráfico 6 - Tempo médio (em segundos) de concretização de tarefas com base em 3 grupos de interação.....	112
Gráfico 7 - Tempo médio (em segundos) de concretização de todas as tarefas com base em 3 grupos de interação.....	113
Gráfico 8 - Taxa de conclusão de tarefas(em percentagem) por Grupos e por tarefas.....	114
Gráfico 9 - Tempo médio (em segundos) de concretização de tarefas com base no modelo de visualização adotado	116
Gráfico 10 - Tempo médio (em segundos) de conclusão de todas as tarefas baseado no modelo de visualização adotado	117
Gráfico 11 - Taxa de conclusão de tarefas (em percentagem) por modelo de visualização adotado nas quais se registaram dificuldades de realização	118
Gráfico 12 - Taxa de percentagem de conclusão de tarefas - Modelo de visualização de informação com o dispositivo alinhado ao solo.....	118
Gráfico 13 - Taxa de percentagem de conclusão de tarefas - Modelo de visualização de informação com o dispositivo alinhado ao equipamento.....	119

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Suportes comuns de <i>tablets</i> (adaptado de Interactions, 2013; Wroblewski, 2012).....	23
Tabela 2 - Padrões de interação e design. Adaptado de Gabriel-Petit (2011).....	29
Tabela 3 - 10 Heurísticas de Jakob Nielsen. Adaptado de Nielsen (1995).....	32
Tabela 4 - Cenários de utilização - Aplicações móveis	49
Tabela 5 - Cenários de utilização - Aplicações de HMDs.....	51
Tabela 6 - Fases de desenvolvimento metodológico do projeto.....	55
Tabela 7 - Desenho de conteúdo: componentes e conteúdos/estruturas.....	89

Anexos

Anexo I - Questionário de caracterização dos participantes	149
Anexo II - MarvIn: Guião de avaliação.....	151
Anexo III - MarvIn: Guião de tarefas – participantes	159
Anexo IV - Modelos de visualização de dados: guião de avaliação	161
Anexo V - Modelos de visualização de dados: guião de questões – participantes.....	169
Anexo VI - <i>Checklist</i> de planeamento de avaliação	173

Anexos digitais

Anexo digital I – Análise descritiva de cenários de uso	175
Anexo digital II – Questionário de caracterização dos participantes.....	175
Anexo digital III – MarvIn: Guião de avaliação	175
Anexo digital IV – MarvIn: Guião de tarefas – participantes	175
Anexo digital V – Modelos de visualização de dados: guião de questões participantes	175
Anexo digital VI – Modelos de visualização de dados: guião de avaliação.....	175
Anexo digital VII – <i>Checklist</i> de planeamento de avaliação.....	175
Anexo digital VIII – Resultados globais de avaliação	176
Anexo digital IX – Resultados de avaliação: MarvIn.....	176
Anexo digital X – Análise global dos resultados de avaliação	176
Anexo digital XI – Resultados de avaliação dos modelos de visualização de dados	176
Anexo digital XII – MarvIn: Protótipo	176

1 Introdução

1.1 Caraterização do problema de investigação

A crescente e constante evolução tecnológica verificada sobretudo nos últimos anos tem vindo a transformar e a redefinir a forma como hoje trabalhamos, comunicamos, interagimos e nos relacionamos. Um marco que estará sempre associado a esta histórica evolução tecnológica é o surgimento dos dispositivos móveis (Dickey, 2013; Fedosov & Misslinger, 2013; Fling, 2009).

Segundo Fling (2009), a evolução destes dispositivos pode ser definida e caraterizada em 5 grandes Eras, sendo que as últimas 3 Eras emergiram ainda durante este século. Esta rápida e crescente transformação viria a mudar radicalmente a forma como encaramos e utilizamos estes dispositivos. Atualmente estes dispositivos vão mais além do seu propósito inicial, o de efetuar chamadas telefónicas ou enviar SMS¹ e, apesar de integrarem e partilharem tecnologias de um computador pessoal, estes possuem naturezas aplicacionais distintas (Koh, Duh, & Jian, 2010).

Estes dispositivos são hoje um novo *medium* que abre novas portas e novas fronteiras à comunicação e ao conhecimento (Fling, 2009; Yovcheva, Buhalis, & Gatzidis, 2012). Esta nova Era de dispositivos – *the touch era* (Fling, 2009), caraterizada por uma nova abordagem paradigmática à forma como se interage e manipula informação, onde estão inseridos os designados *touchscreen-based phones* (Nielsen, 2009a) e mais recentemente os dispositivos *tablet*, emerge do culminar de um conjunto de circunstâncias, eventos e desenvolvimentos das mais diversas áreas tecnológicas. Alguns deles dizem respeito ao crescimento do poder computacional, desenvolvimento de componentes de *hardware* com menores tamanhos e custos e também ao desenvolvimento das redes de comunicação que providenciam agora maiores larguras de banda, segurança e fiabilidade também estas com custos cada vez menores (Grill, Kepler, Biel, & Gruhn, 2009; Nagata, Oostendorp, & Neerincx, 2004).

Paralelamente a estes desenvolvimentos de natureza mais técnica, foram criadas condições que permitiram e potenciaram a abertura de novas experiências e funcionalidades que acabaram por caraterizar a identidade e imagem que temos hoje destes dispositivos (Fling, 2009). De facto, e atualmente, estes dispositivos integram diferentes aplicações e funcionalidades que só estavam acessíveis através de computadores pessoais e, à medida que estes vão evoluindo e integrando cada vez mais tecnologias (como sensores, maior capacidade de armazenamento, processamento e computação gráfica), começam a emergir também diferentes naturezas aplicacionais. Uma dessas naturezas, e foco do corrente estudo, diz respeito ao recurso da tecnologia de realidade aumentada (RA) como ferramenta ou instrumento ao serviço de diferentes áreas de atuação humana, como é o caso da medicina, engenharia, construção, educação e formação, entretenimento, *social networking*, viagens e turismo, entre outras (Gervautz & Schmalstieg, 2012).

¹ *Small Message Service*

Hoje estão reunidas várias e diferentes condições para que a tecnologia de RA possa ser amplamente utilizada, particularmente em dispositivos *tablet* (Eaton, 2011). Estas condições, e do ponto de vista do dispositivo, referem-se à esperada massificação da utilização destes dispositivos por diferentes faixas e grupos etários (Huberty et al., 2011), à própria evolução da tecnologia que suporta o contexto de RA, à adoção de planos de dados mais atrativos e económicos para os utilizadores mas também à própria relação dos utilizadores para com estes dispositivos, onde se tem verificado uma maior integração destes nas rotinas e atividades humanas (Dawson et al., 2012).

Por sua vez, e do ponto de vista da tecnologia de RA, estas condições são justificadas pelo carácter singular e diferenciador da própria tecnologia, que para além da sua possível utilização num conjunto diversificado de cenários e contextos de uso, proporciona também uma nova abordagem e um novo paradigma comunicacional aos seus utilizadores, aproximando-os ao mesmo tempo de uma realidade mais futurista e inovadora (Yovcheva et al., 2012).

No entanto, existem diversos tipos de questões que devem ser analisadas e estudadas quando se recorre a contextos de RA em dispositivos móveis (Hollerer, 2004). Para além dos aspetos relacionados com o tamanho e resolução do visor, contexto de utilização, capacidades de processamento e autonomia, existem também aspetos determinantes e condicionantes ao seu uso que estão diretamente relacionados com a forma como deve ser desenhada e construída a interação e visualização de informação que vai suportar toda relação e interação Humano-computador (Carvajal, 2012).

Tendo em conta a coexistência e fusão de duas esferas distintas - a reprodução do mundo real e a representação virtual de informação - sobre a mesma visualização e através de um dispositivo que proporciona mecanismos particulares de interação sobre os conteúdos representados, é determinante que o desenho e construção dos modelos que unificam estes dois domínios (interação e visualização de informação) tenham em conta as especificidades tecnológicas mas, e acima de tudo, humanas (Dix, Finlay, Abowd, & Beale, 2004; Li & Duh, 2013).

É neste quadro que se situa este projeto de investigação, isto é, perceber como diversos tipos de conteúdos e informações devem ser representados e, ao mesmo tempo, como se deve proceder à interação sobre estes elementos.

Atualmente, a investigação nesta área revela-se cada vez mais urgente e eminente, registando-se inclusivamente uma forte aposta no investimento ao nível de investigação que tem vindo a ser realizado por diversas entidades e organizações, com a condução de diferentes estudos, investigações e protótipos. Paralelamente, constata-se que, aliada a esta necessidade e urgência, existe ainda um grande potencial para explorar, aprofundar e propor novas abordagens que se insiram nestes domínios de interação e visualização de informação em RA.

Apesar de Seichter, Grubert, and Langlotz (2013) considerarem importante e determinante a criação de componentes de interação e de visualização de informação, abstratos ao ponto de ser possível a sua reutilização em diferentes contextos, o processo de concetualização e desenvolvimento de modelos inerentes e subjacentes a estes domínios - interação e visualização

de informação - não é linear, sendo necessário ter em conta a indissociabilidade deste dois domínios, o próprio contexto (RA) e suporte aplicacional (*tablets*), mas também todos os princípios e regras inerentes a cada uma destas áreas (Li & Duh, 2013).

A título exemplificativo, alguns desses princípios e regras, no domínio da interação, referem a necessidade de criar técnicas de interação adaptadas e personalizadas de forma a permitir que os utilizadores interajam de forma intuitiva com os conteúdos digitais (Feng, Duh, & Billinghurst, 2008). Em simultâneo, deve ser transmitido aos utilizadores um sentimento de descoberta e exploração, procurando enriquecer desta forma a dimensão física do espaço onde se encontram mas também a própria compreensão destes para com o mundo (Li & Duh, 2013).

Por sua vez, já no domínio da visualização de informação, deve ser desenhado e construído tendo em conta o contexto e a sua dinâmica, validade, pertinência e objetividade da informação, no sentido de não tornar a visualização demasiado complexa, confusa ou ilegível devido às restrições e limitações existentes derivadas das dimensões e espaço disponível no visor do dispositivo (Li & Duh, 2013; Sousa, Nisi, & Oakley, 2009).

Inclusivamente, a própria forma como é representada a informação é também ela determinante, podendo inclusivamente afetar, do ponto de vista cognitivo e emocional, os utilizadores (Li & Duh, 2013). Também importante, e contrariamente a outras naturezas aplicacionais, em contexto de RA em dispositivos móveis os utilizadores estão constantemente a combinar e alternar o foco da sua visualização entre o mundo real e o contexto de RA, fazendo com que a sua atenção seja repartida, sendo assim imperativo que a forma e representação de informação seja de fácil leitura, compreensão e assimilação logo a partir dos primeiros contactos visuais (Li & Duh, 2013).

Consideram-se assim, e de uma forma geral, algumas das preocupações, princípios e desafios que esta área de investigação – interação e visualização de informação em contexto de RA em *tablets* - tem pela frente nos dias de hoje em que, devido à rápida expansão e disseminação destes dispositivos móveis e às potencialidades da sua utilização e recurso a contextos de RA, fazem com que ainda haja um grande potencial para explorar e desenvolver novas abordagens e novos paradigmas de interação e de visualização de informação.

Assim, este trabalho de investigação visa explorar novas abordagens que procurem a criação de visualizações interativas que tenham em vista uma gestão flexível e dinâmica da informação ao mesmo tempo que agilizam uma interação mais intuitiva e natural sobre conteúdos e suas ações, abrindo desta forma o horizonte de potenciais aplicações.

1.2 Finalidades e objetivos do projeto

O tema do presente projeto de investigação surge de uma proposta efetuada pela empresa PT Inovação S.A.², cujo interesse de investigação centra-se na exploração de novos modelos e novas abordagens assentes nos domínios da interação e visualização de informação em contexto RA em *tablets*, tendo em vista a sua possível aplicação num conjunto indiferenciado de cenários e contextos. Assim, o foco deste projeto visa concetualizar e desenvolver modelos de interação e visualização de informação sob o contexto de RA em dispositivos móveis, mais especificamente *tablets*, procurando uma abstração ao nível das suas características e dos seus contextos aplicacionais. Pretende-se assim, que os modelos propostos possam constituir-se como guias e pontos de partida para eventuais adaptações a casos particulares, não se assumindo como soluções fechadas ou acabadas, prevendo-se, inclusivamente, a eventualidade de integrações e combinações entre si.

A validação dos modelos desenvolvidos, foi realizada a partir de um protótipo funcional que contempla um conjunto de modelos de interação e visualização de informação, selecionados a partir de um *use case* específico, definido pelo titular do projeto – PT Inovação S.A.

De uma forma geral, este projeto de investigação tem em conta o atual panorama científico, bem como a própria realidade ao nível dos modelos vigentes referentes aos domínios em estudo - interação e visualização de informação -, com base nas quais vão ser concetualizadas e desenvolvidas as novas propostas, naturalmente ancoradas aos princípios, regras, padrões e desafios inerentes a esta área de investigação.

Os objetivos determinados para este projeto de investigação, que vão guiar todo o processo de investigação, e que se constituem ao mesmo tempo como metas claras e exequíveis de execução, foram os seguintes:

- Desenvolvimento de um conjunto de modelos abstratos de interação e visualização de informação adaptados a dispositivos *tablet*;
- Adaptação dos modelos de interação e visualização de informação selecionados à natureza e contexto do *use case*;
- Conceção e desenvolvimento de um protótipo funcional que integre os modelos de interação e visualização de informação selecionados;
- Avaliação e possível validação dos modelos selecionados.

² A PT Inovação é uma empresa tecnológica focada no desenvolvimento de produtos e serviços avançados para o mercado das telecomunicações e das tecnologias da informação – www.ptinovacao.pt

1.3 Questão de investigação

Atendendo à problemática e pertinência inerente a este tema de investigação, que conjuga e relaciona diferentes áreas e naturezas de investigação, é determinante definir, como ponto de partida e como primeira etapa do procedimento metodológico, a questão de investigação que deverá definir quais os objetivos, temáticas e abordagens metodológicas que devem ser seguidas (Quivy & Van Campenhoudt, 1998). Neste sentido, foi formulada a seguinte pergunta:

“Considerando os atuais desafios de interação e visualização de informação em RA em *tablets*, que princípios e/ou propostas concetuais de modelos de interação e visualização de informação poderão ser desenvolvidas?”

1.4 Organização da investigação

O planeamento e estratégia de investigação definida para este projeto compreende diferentes etapas sequenciais e iterativas. A primeira etapa de investigação teve como objetivo conhecer e compreender a realidade atual destes domínios de interação e visualização de informação em dispositivos móveis (e mais em particular em *tablets*) e em contextos de RA. Em simultâneo, procurou-se analisar as diferentes componentes e naturezas associadas a esta problemática: interação, visualização de informação, RA, dispositivos móveis, entre outras. Tendo em conta a diversidade e dispersão destas componentes e naturezas, o foco passou por uma revisão bibliográfica e análise do estado da arte que tivesse apenas em conta a conjugação e relação destas componentes e naturezas, mas nunca descurando os princípios e bases teóricas subjacentes a cada uma destas. Esta abordagem visou construir uma base teórica sólida que fundamente, mas acima de tudo, que guiasse a próxima fase: a concetualização dos modelos de interação e visualização de informação.

Partindo de uma abordagem exploratória e criativa, alicerçada nos princípios e bases teóricas subjacentes aos domínios científicos em estudo, foram desenvolvidas várias propostas de modelos de interação e visualização de informação. Para a validação de alguns destes modelos desenvolvidos e propostos recorreu-se a um *use case*, devidamente inserido na estratégia organizacional do titular do projeto, que delimitou e determinou a seleção dos modelos que viriam a ser testados na fase de avaliação.

Por fim, a partir da análise resultante dos dados obtidos durante essa fase de avaliação, tentou-se compreender a validade e a viabilidade de utilização dos modelos, à luz dos cenários de utilização e avaliação. Do ponto de vista de interação, procurou-se perceber até que ponto os modelos avaliados proporcionam mecanismos mais rápidos, precisos, eficientes e ergonómicos. Por sua vez, do ponto de vista da visualização de informação, procurou-se perceber se a forma

como a informação é ilustrada estabelece um meio mais rápido e eficiente de identificar, compreender, relacionar e analisar toda a informação presente na visualização.

1.5 Estrutura da dissertação

Este documento encontra-se dividido em seis capítulos principais: "Introdução", "Enquadramento teórico", "Metodologia", "Modelos de interação e visualização de informação em contexto de Realidade Aumentada em dispositivos móveis: concetualização e implementação", "Recolha e análise de dados: avaliação e validação dos modelos" e "Conclusões".

O capítulo 1 – **Introdução** – descreve e caracteriza a problemática associada a esta área de investigação, estabelecendo ao mesmo tempo os objetivos e finalidades deste projeto de investigação.

O **Enquadramento teórico** – capítulo 2 – encontra-se dividido em duas grandes secções. Na primeira secção é caracterizado o panorama atual dos dispositivos móveis, e em particular dos dispositivos *tablet*, ao mesmo tempo que se explora as várias componentes inerentes ao desenvolvimento de aplicações para esses dispositivos em torno das questões relacionadas com o *User Experience*. Por sua vez, a secção dois apresenta em detalhe a problemática de investigação, onde é descrito e exposto o suporte teórico subjacente às áreas de interação e visualização de informação em contexto de RA em dispositivos móveis.

O capítulo 3 – **Metodologia** – apresenta e descreve o processo metodológico adotado, caracterizando a investigação e seus participantes, bem como os instrumentos de recolha de dados utilizados no estudo.

A conceção e desenvolvimento dos modelos bem como a implementação do protótipo são descritos no capítulo 4 – **Modelos de interação e visualização de informação em contexto de Realidade Aumentada em dispositivos móveis: concetualização e implementação**. No início do capítulo são apresentadas algumas questões inerentes ao desenvolvimento destes modelos, passando-se de seguida à apresentação dos vários modelos de interação e de visualização de informação desenvolvidos. No final do capítulo, é descrito o *use case* que servirá de base para a aplicação de alguns dos modelos e todo o processo de desenvolvimento do protótipo.

No capítulo 5 – **Recolha e análise de dados: avaliação e validação dos modelos** – são descritos os grupos e cenários da realização do estudo bem como os resultados derivados dos instrumentos de recolha de dados, resultantes da avaliação do protótipo mas também dos modelos de visualização de dados selecionados. Por fim, abre-se um espaço de análise e discussão de todos os dados obtidos.

No capítulo 6 - **Conclusões** -, são apresentadas as conclusões e contributos científicos do presente estudo. São igualmente apresentadas e descritas neste capítulo, as principais limitações encontradas, bem como as sugestões e propostas de trabalho futuro para este domínio científico e de investigação.

2 Enquadramento teórico

2.1 Dispositivos móveis

O conceito de dispositivos móveis pode ser caracterizado e definido como "um sistema de comunicação móvel que tem como característica a possibilidade de movimento relativo entre as partes (...) usando a tecnologia sem fios para possibilitar uma comunicação transparente enquanto o utilizador se desloca." (Dias & Sadok, 2007, p. 5). Aliada a esta característica de mobilidade, estes podem ser também caracterizados em termos da sua portabilidade e funcionalidades (Tennø, 2010), podendo, inclusivamente, ser considerados como um novo *medium* que permite o acesso a novas formas de comunicação e interação com o mundo digital (Fling, 2009). No entanto, e no âmbito desta investigação, a referência a este conceito - dispositivos móveis - circunscreve-se aos dispositivos designados por Nielsen (2009a) como *touchscreen-based phones* e, mais recentemente, aos *tablets*.

Atualmente, estes dispositivos são considerados como uma das maiores invenções da Humanidade, tendo revolucionado a forma como hoje comunicamos e interagimos com o mundo. Esta é uma tecnologia que marca o séc. XX e que continua a afirmar-se nos dias de hoje como uma das tecnologias mais utilizadas, apresentando um mercado em contínuo crescimento e desenvolvimento, tanto ao nível dos suportes que compreende bem como ao nível das naturezas aplicacionais que integra. Através destes dispositivos é possível transmitirmos e levarmos ideias, pensamentos e sonhos mais longe, tornando o mundo cada vez mais pequeno (Fling, 2009).

Contextualizando historicamente a evolução destes dispositivos ao longo do tempo, Fling (2009) sugere a segmentação desta evolução em 5 grandes Eras, em que o início de cada Era é marcado por um dispositivo que, de certa forma, vem acrescentar maior valor ao atual mercado e, sobretudo, no devido momento, trazendo consigo um conjunto de componentes e capacidades, de várias naturezas, que as pessoas estão interessadas e dispostas a integrar no seu dia a dia.

A primeira Era definida por Fling (2009), designada por *The Brick Era* e compreendida entre 1973 a 1988, é marcada pelo surgimento do telemóvel DynaTAC da Motorola (1983). Este dispositivo foi considerado como o primeiro dispositivo realmente móvel. Apesar de nesta Era terem proliferado outros dispositivos semelhantes a este, estes ainda careciam de maior autonomia e o preço de aquisição era demasiado alto para a maioria das pessoas. No entanto, foi nesta Era que se deu início ao forte desenvolvimento das redes e estruturas de comunicação móvel que viriam a abrir as portas para as redes de comunicações de hoje.



Figura 1 - Imagem ilustrativa do telemóvel DynaTAC da Motorola (1983)

A segunda Era - *The Candy Bar Era* -, definida entre 1988 e 1998, é caracterizada pelo aparecimento de uma nova geração de dispositivos associadas ao 2G GSM³ onde se percebeu que estes dispositivos podiam ir mais longe do que simplesmente realizar comunicações de voz, a partir da introdução do novo serviço de SMS que veio permitir a troca de mensagens, compostas por 140 caracteres, entre utilizadores. Adicionalmente, esta Era é também caracterizada:

- por uma maior densidade das redes e antenas de telecomunicações, com custos de comunicação cada vez mais reduzidos derivado da concorrência do mercado das telecomunicações;
- pelos tamanhos e preços cada vez menores dos dispositivos;
- pela prosperidade económica da Europa, Estados Unidos e Japão no início da década de 90. A combinação de este conjunto de fatores tornou possível, num futuro já próximo, a massificação destes dispositivos junto de um universo cada vez maior de utilizadores.

A terceira Era, designada de *Feature Phone Era* e situada entre 1998-2008, em que, apesar de não ser considerada tão decisiva como as anteriores, é determinante na medida que foi nesta Era que começaram a emergir um conjunto de aplicações e serviços (ouvir música, tirar fotografias, jogos, aceder à Internet, entre outros) que viriam a ser integrados nas gerações futuras.

Por sua vez, a quarta Era - *Smartphone Era* - ocorreu em simultâneo entre a terceira e quinta Era, compreendida entre 2002 até ao presente. Os dispositivos desta Era integram grande parte das tecnologias e funcionalidades referidas nas anteriores Eras, destacando-se apenas pelo uso de Sistemas Operativos (SO) específicos, ecrãs maiores, teclados QUERTY e a sua conectividade à Internet via Wi-Fi ou outras tecnologias *wireless*. Esta Era destaca-se também pelo papel determinante que a empresa Nokia teve no mercado dos dispositivos móveis nesta altura tendo, inclusivamente, facultado à comunidade ferramentas de criação e desenvolvimento de aplicações

³ *Global System for Mobile communication*

e serviços. Esta abordagem viria a ser seguida posteriormente por outros fabricantes e empresas no futuro.

Por fim, a quinta e última Era - *The Touch Era* -, é caracterizada pela maior velocidade e estabilidade das redes de telecomunicações, pela incorporação de mais e melhor tecnologia dos dispositivos mas, e acima de tudo e segundo Fling (2009), pelo surgimento a 9 de janeiro de 2007 do iPhone da Apple.

"It wasn't a phone, it wasn't a computer: it was something else entirely" (Fling, 2009, p. 10).

Apesar do devido distanciamento em relação à visão e posicionamento que este autor tem sobre este dispositivo, não deve ser negado o impacto que este teve no mercado dos dispositivos móveis mas também sobre o mundo, tendo contribuído para uma maior aproximação das tecnologias já existentes (como é o caso dos sensores referentes ao giroscópio, acelerómetro, entre outros) ao consumidor comum, abrindo novas perspetivas de utilização (Fling, 2009).

De uma forma geral, este dispositivo é caracterizado pela inovação na personalização de aplicações de acordo com os critérios de cada utilizador (Clark, 2010), pelo modo como modificou a perceção da população para as verdadeiras capacidades que a tecnologia pode oferecer (Fling, 2009) e pela introdução de uma tecnologia táctil que veio introduzir um novo modo de interação - *multitouch* – que permitiu aos utilizadores realizar tarefas de forma mais rápida e dinâmica utilizando para tal o que Clark designa de "... *keyboard of touch*": os dedos (Clark, 2012, p. 315).

"Done right, touch interfaces create the sensation of interacting directly with information, of nudging and manipulating data as if it had actual physical properties." (Clark, 2012, p. 289)

Estes dispositivos são capazes de produzir respostas imediatas e interativas às ações que os utilizadores realizam sobre o visor, sugerindo alguma relação física entre os utilizadores e o dispositivo e, como Clark reforça, "...*focuses less on visual experiences and more on physical ones*." (2012, p. 289). Kratz et al. (2010) vão mais longe, referindo que "*mobile interactions can thus at least partially be understood as a form of self-expression*" (Kratz, Hemmert, & Rohs, 2010, p. 2) revelando um aspeto mais pessoal e Humano à esfera de interação entre o utilizador e o dispositivo.

Adicionalmente determinante para a caracterização deste dispositivo, mas cima de tudo dos dispositivos que se seguiram, é a componente/funcionalidade de acesso à Internet que se tornou agora mais simples e eficiente, observando-se uma tendência cada vez maior e crescente de utilizadores que utilizam estes dispositivos como meio principal de acesso, consumo e criação de conteúdos, notícias, pesquisas, vídeos, músicas, envolvimento em várias e diferentes redes sociais, compras de bens e serviços, serviços de localização, entre outros (Fling, 2009).

Uma outra componente que marca esta geração de dispositivos é o facto de existirem mercados de aplicações, gratuitas ou pagas, designadas de *Apps*, de diversas naturezas:

ferramentas de lazer, produtividade, *social networking*, notícias e comunicação, entre outros (Grigsby, 2010). Esta tendência de disponibilização de aplicações a partir de mercados específicos, que teve a sua origem no mercado de aplicações da Apple - *AppStore* - propagou-se para os restantes fornecedores de SO, criando-se assim mercados proprietários, designados por vezes de *walled gardens* (Memetic, 2012). Estes mercados procuram: 1) controlar as aplicações disponibilizadas; 2) garantir que não existem aplicações de *malware*⁴; 3) controlar a qualidade destas aplicações; 4) excluir potenciais concorrentes; 5) e gerar receitas através de comissões efetuadas às aplicações pagas por utilizadores (Beckman, 2011; Memetic, 2012). No entanto, estas empresas também providenciam aos *developers* ferramentas e *frameworks* (FW) proprietárias, designadas de SDK's⁵, que lhes possibilitam novas formas de monetizarem as suas aplicações ou serviços⁶.

Estas aplicações desempenharam um papel decisivo, tendo também contribuído para uma mais rápida adoção e massificação destes dispositivos, existindo hoje em dia mais de 800.000 aplicações nos principais mercados de aplicações (*AppStore*⁷ e *Android Market*⁸) (Rosewood, 2012).

Esta rápida e crescente massificação destes dispositivos móveis fez também com que atualmente a venda destes consiga superar a aquisição de computadores pessoais, ao mesmo tempo que também o número de projetos de desenvolvimento de aplicações para este mercado ultrapasse já em 2015 o de desenvolvimento para aplicações *desktop*, esperando-se inclusivamente que até ao final de 2018 sejam mais de 3.3 biliões de *smartphones* e *tablets* em utilização em todo o mundo (Fidelman, 2012; Rosewood, 2012).

Esta tendência que se espera de continuidade, revela o papel que estes dispositivos têm e vão continuar a ter nas nossas vidas, assistindo-se a uma fase de transição para uma Era de Computação Ubíqua, na qual os utilizadores acedem a um conjunto de serviços a qualquer hora e a qualquer lugar (Poslad, 2009).

2.1.1 Os *Tablets*: o caso particular do estudo

Os princípios tecnológicos assentes e presentes nestes dispositivos, têm raízes históricas que remetem aos finais do séc. XIX inícios do séc. XX. Nesta época, foram dados os primeiros passos na concetualização e desenvolvimento de um conjunto de sistemas elétricos (*input/output* sobre um visor e reconhecimento de escrita manual) que viriam a integrar e a definir atualmente este dispositivo (Dimond, 1958; Park, 2013).

⁴ *Malware* é um *software* utilizado para prejudicar o funcionamento de um computador ou sistema informático, mas também reunir informação sensível ou garantir o acesso a redes privadas de computadores.

⁵ *Software Development Kits*

⁶ The European App Economy - <http://www.visionmobile.com/product/the-european-app-economy/>

⁷ Mercado de aplicações iOS - <https://www.apple.com/itunes/>

⁸ Mercado de aplicações Android – Google Play - <https://play.google.com/store>

Este conceito, introduzido por Alan Kay⁹, deu origem ao longo do séc. XX a vários protótipos e produtos comerciais, muito graças às investigações académicas ou corporativas que se realizaram nesses anos. Ao mesmo tempo, a alusão a estes dispositivos começou também a ser projetada em filmes de ficção científica, como é o caso de *2001: A Space Odyssey*, antevendo uma realidade cada vez mais próxima (Brown, 2011; Knight, 2011).

Na década de 80 entraram os primeiros dispositivos no mercado do consumo, registando-se nas décadas seguintes uma vaga de outros dispositivos com diferentes características tecnológicas. No entanto, a visão existente nesta altura sobre este dispositivo, era sempre baseada numa perspetiva de os encarar como computadores pessoais. Um marco desses anos e dessa abordagem é o surgimento em 2002 do Microsoft Tablet PC pela Microsoft, numa tentativa de definir e reposicionar o que se entende nos dias de hoje como *tablet*. Este dispositivo tinha como objetivo a sua utilização em diferentes contextos, no entanto, o seu preço mas acima de tudo a sua falta de usabilidade, fez com que nunca chegasse ao mercado de grande consumo (Bright, 2010; Olavsrud, 2002).

Posteriormente, várias marcas continuaram a investir nestes dispositivos com diversos tamanhos, pesos, características, entre outros, embora nunca havendo uma preocupação em termos de *Graphical User Interface* (GUI) de forma a tornar estes dispositivos mais usáveis, interessantes e úteis (Bright, 2010).

Foi apenas em 2010 que surgiu uma nova geração de dispositivos que viria a revolucionar todo este mercado de consumo, alterando radicalmente a visão que se tinha até então destes, com a introdução do iPad da Apple (Gruman, 2011). Esta nova geração caracterizava-se por uma abordagem completamente diferente das existentes no mercado, procurando distanciar-se dos computadores pessoais e *smartphones*, assumindo uma posição única dentro da esfera dos dispositivos e equipamentos existentes. O que foi procurado através deste dispositivo foi sim destacar-se através das suas próprias características singulares: tamanho, portabilidade, GUI adaptado ao sistema de interação do dispositivo (*multitouch*), autonomia, acesso à internet, consumo de vários tipos de média, enviar e receber e-mails e jogar, entre outros (Bright, 2010);

Esta nova geração de dispositivos pode ser categorizada e definida através das suas funcionalidades, SO e, acima de tudo, pelo seu tamanho (Ogg, 2010). Atualmente e em termos de dimensão, são considerados *tablet* os dispositivos com 7 ou mais polegadas onde se encontram as seguintes subcategorias de dispositivos: *slates*, *minitables*, *convertibles*, *hybrids* e *booklets*¹⁰. Esta subcategorização é definida também pelo tamanho mas também pelos próprios sistemas de *input* como é o caso do teclado, ou *docking station*¹¹ amovível (Kendrick, 2012).

Ao mesmo tempo, estes dispositivos podem ser também caracterizados tendo em conta as seguintes componentes:

⁹ Cf. *How Tablets Work* - <http://computer.howstuffworks.com/tablets/tablet3.htm>

¹⁰ Tipos de *tablets* - <https://www.tabletninja.com/tablet-buying-guide-part-2-types-of-tablets/>

¹¹ Periféricos que se ligam a computadores, *smartphones* ou *tablets*

- **Hardware:** Elevadas resoluções dos visores aliada a uma também alta densidade de pixéis por polegada com sistemas de antirreflexo; conectividade via Wi-Fi, 3G e/ou Bluetooth; G.P.S.; câmaras frontais e por trás do dispositivo; sensores (luz, acelerómetro, giroscópio); sendo também dispositivos mais leves e com maior autonomia;
- **Software:** *Browser*; leitor de *e-books*; *download* de aplicações de várias naturezas através dos mercados de aplicações; reprodução de vários tipos de média; e-mail; *social media*; comunicações de voz ou serviços de SMS; videoconferência, entre outros;
- **Memória:** *on-board* memória *flash*; suporte para extensão de memória via cartão e/ou armazenamento via *Cloud*;
- Outros mecanismos de *input* adicionais: reconhecimento de voz e gestos (Wallen, 2013).

Estas são algumas das características que estes dispositivos apresentam atualmente, sendo que algumas das componentes integradas e adaptadas nestes equipamentos derivam dos avanços realizados na área dos *smartphones*.

Atualmente, estes dispositivos suportam diferentes SO onde se destacam o iOS, Android e Windows. Já existem, inclusivamente, no mercado soluções que suportam mais do que um SO, não sendo necessário reiniciar o dispositivo para alternar entre SO (Cha, 2013).

Em termos de quotas de mercado de SO (e segundo os dados existentes até ao momento, que se referem ao 3º trimestre de 2012), apesar de o iOS liderar com 57%, existe uma tendência de crescimento do Android, podendo inclusivamente, a curto prazo, ultrapassar mesmo o iOS. Por sua vez, o Windows também apresenta uma tendência de crescimento embora ainda muito distante dos restantes concorrentes, como se verifica no **Gráfico 1**.

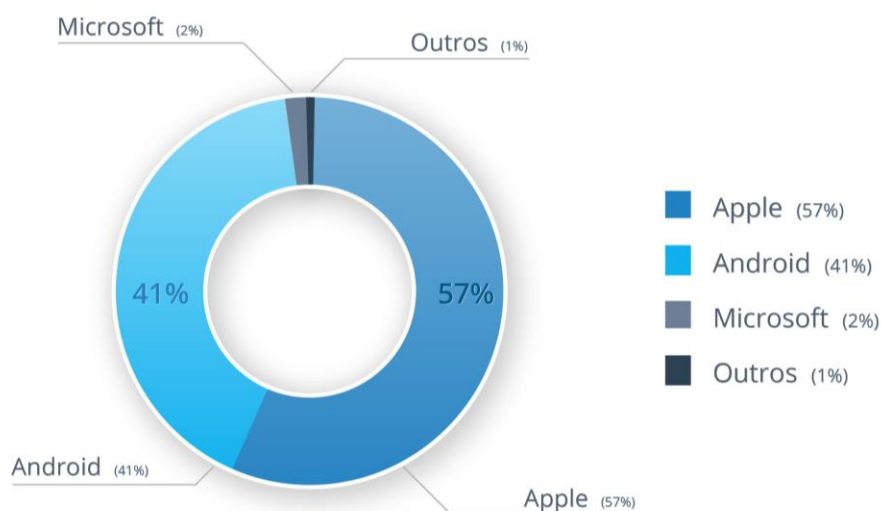


Gráfico 1 - Tablets – Quota de mercado de SO – Q3 2012 (adaptado de Mawston, 2012)

Por sua vez, ao nível de quotas de mercado dos fabricantes destes dispositivos, a Apple continua a ocupar uma posição de destaque com os dispositivos iPad, iPad Mini e, mais recentemente, o iPad Air. A Samsung encontra-se um pouco mais abaixo, também esta com tendência de crescimento, com cerca de 22% de quota de mercado, seguida pela Asus (7.2%), Lenovo (4.8%) e Acer (1.9%). De destacar também a grande posição que outros fabricantes ocupam neste mercado, com uma quota de 34% devido sobretudo à diversidade de equipamentos existentes e possíveis através do SO *Open Source* Android.

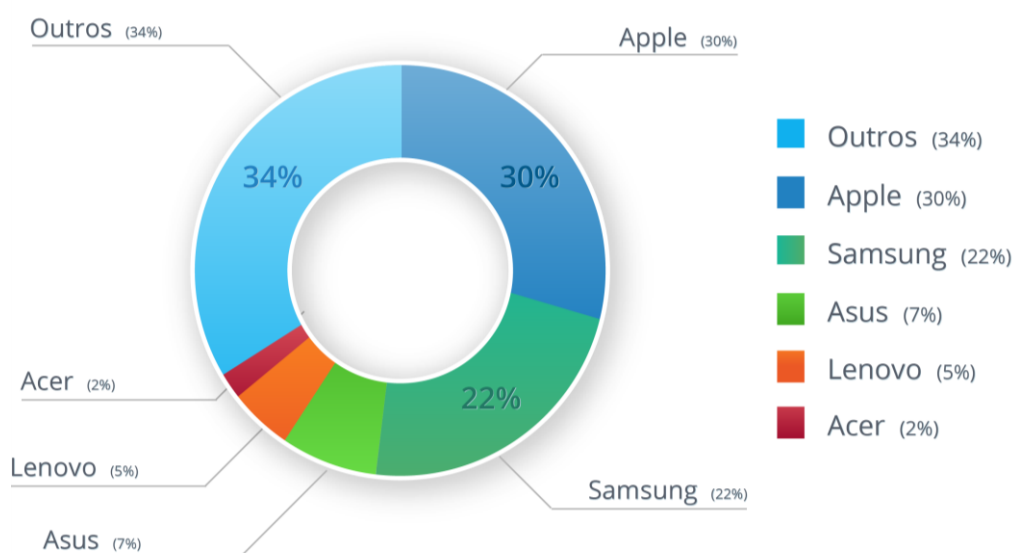


Gráfico 2 - Tablets - Quota de mercado de marcas - Q3 2013 (adaptado de Whitney, 2013)

Esta nova geração de dispositivos não pretende substituir necessariamente outras tecnologias já existentes, devendo ser encarada como algo incremental à panóplia de dispositivos disponíveis atualmente (Huberty et al., 2011).

A tendência futura leva a crer que estes equipamentos vão-se disseminar mais rapidamente do que anteriormente os *smartphones*, encontrando o seu espaço tanto numa esfera pessoal bem como pública, proporcionando um acesso mais rápido e individualizado à informação (Park, 2013).

2.1.2 Princípios de desenvolvimento aplicacional: O *User experience*

Tendo em conta os objetivos e propósitos deste projeto de investigação, considerou-se importante analisar os princípios e regras pelas quais o desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis se deve basear e fundamentar no que respeita a aspetos relacionados com o *User Experience* (UX). Apesar de esta área contemplar e incluir outras subcomponentes, nesta seção optou-se por descrever e aprofundar apenas os temas e áreas mais relacionadas com os domínios em estudo: interface e interação.

À medida que as aplicações vão crescendo e evoluindo, também o seu grau de complexidade vai aumentando devido, sobretudo, ao acréscimo de conteúdos e funcionalidades disponibilizadas, que tornam a interação e estruturação de informação cada vez mais difíceis de conseguir, gerir e equilibrar. Estes desafios são cada vez mais constantes nos dias de hoje, em que a experiência de uso transmitida ao utilizador, que depende de uma combinação de um conjunto de fatores, poderá fazer diferença numa melhor adoção ou utilização dessa aplicação, correspondendo desta forma às expectativas e satisfação geral do utilizador ou, pelo contrário, transmitir ao utilizador sentimentos de frustração e/ou insatisfação.

A definição deste conceito pode ser compreendida pela norma ISO 9241-210 como *"a person's perceptions and responses that result from the use or anticipated use of a product, system or service"*¹² (Byrom, 2012, p. s/p). Já Lauralee Alben tem uma definição mais abrangente, em que procura definir esta área partindo do conceito de experiência:

"By "experience" we mean all the aspects of how people use an interactive product: the way it feels in their hands, how well they understand how it works, how they feel about it while they're using it, how well it serves their purposes, and how well it fits into the entire context in which they are using it. If these experiences are successful and engaging, then they are valuable to users and noteworthy to the interaction design awards jury. We call this "quality of experience"" (Alben, 1996, p. 14)

Por sua vez, Jakob Nielsen, através do seu grupo de investigação (Nielsen Norman Group¹³), define esta área de uma forma mais centrada no utilizador, no sentido em que afirma que *"first requirement for an exemplary user experience is to meet the exact needs of the customer, without fuss or bother"* ("User Experience - Our Definition," 2012, p. s/p).

UX é uma combinação de um conjunto de fatores, componentes e detalhes únicos de cada aplicação, não havendo por isso nenhuma "receita universal". Cada estratégia de desenvolvimento de UX é única (Fling, 2009). Neste sentido, estas experiências devem ser analisadas, criadas e personalizadas a diferentes casos, uma vez que a própria natureza, plataforma e público-alvo são diferentes de caso para caso, sendo determinante no processo de criação e desenvolvimento a aproximação ao utilizador final. Neste momento, e em projetos com maiores recursos, verifica-se esta aproximação através da inclusão do domínio científico do *User-centered design* nas metodologias e processos de desenvolvimento como forma de analisar, compreender e desenvolver estratégias de UX adequadas a um determinado público-alvo, procurando assegurar que todas as necessidades e exigências são satisfeitas (Gube, 2010).

Segundo Dan Willis, na sua apresentação na DC Startup Weekend¹⁴ em 2011, o conceito de UX pode ser compreendido através de uma metáfora de guarda-chuva, isto é, o UX é uma

¹² ISO 9241-210 - http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=52075

¹³ Nielsen Norman Group - <http://www.nngroup.com/>

¹⁴ The UX umbrella - <http://www.slideshare.net/uxcrank/the-ux-umbrella>

composição e resultado de diferentes conceitos/elementos relacionados entre si, tal como é exemplificado na **Figura 2**.

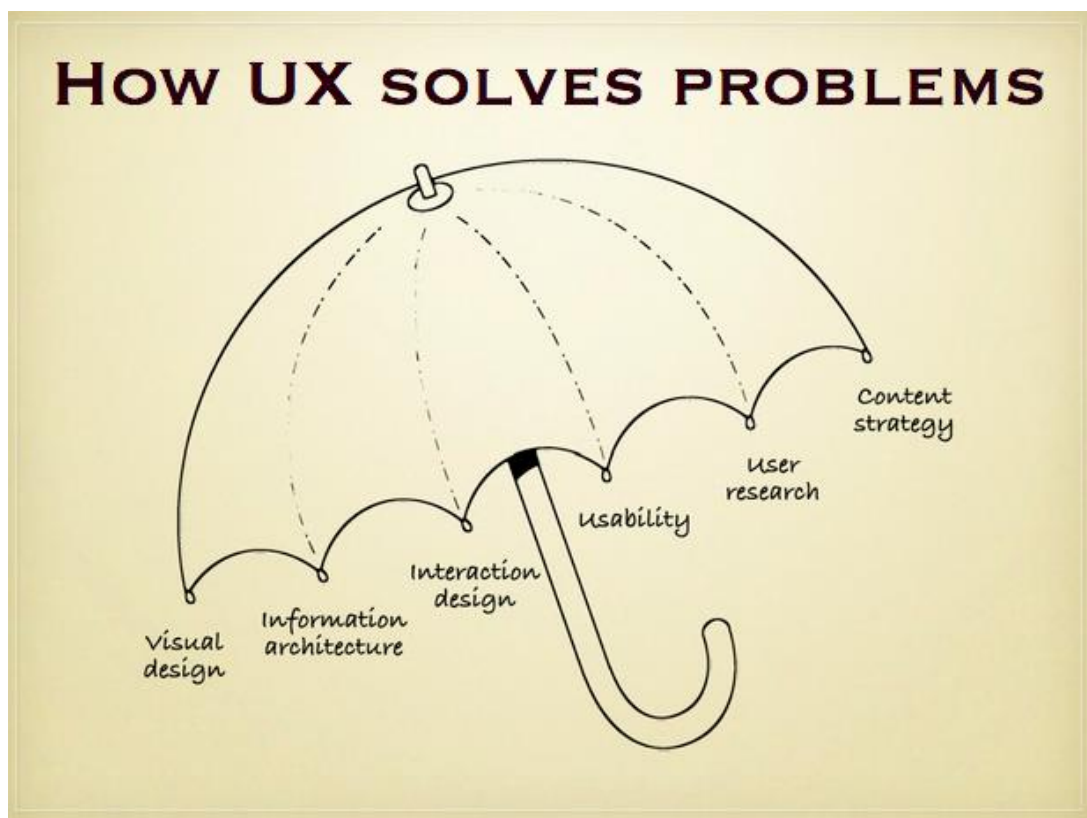


Figura 2 - UX umbrella – (Dan Willis, 2011)

O autor coloca, desta forma, em evidência as principais componentes que estão associadas ao conceito de UX - *visual design*, *information architecture*, *interaction design*, usabilidade, *user research* e *content strategy* – destacando a importância da sua integração, de forma transversal, em várias naturezas de aplicações. Demonstra-se assim que ter uma aplicação funcional nos dias de hoje não significa que os utilizadores e consumidores sejam e estejam satisfeitos.

"In order to achieve high-quality user experience (...) there must be a seamless merging of the services of multiple disciplines, including engineering, marketing, graphical and industrial design, and interface design." ("User Experience - Our Definition," 2012, p. s/p)

Para além da importância da transversalidade na integração dos vários elementos que compõem o UX, é necessário também ter em conta o contexto no qual os utilizadores vão utilizar estes dispositivos e suas aplicações: *"Good mobile user experience requires a different design than what's needed to satisfy desktop users"* (Nielsen, 2012, p. s/p).

Para este contexto particular – dispositivos móveis - Cerejo (2012) descreve alguns guias e princípios que devem ser tomados em conta no desenvolvimento de aplicações móveis referentes às seguintes áreas/componentes:

- *Design*: de uma forma geral e redutora, deve ser mantida a coerência e consistência visual ao longo de toda a aplicação quer em termos de cores mas também em termos da própria estrutura e tipografia;
- Funcionalidades: devem estar bem destacadas, facilmente acessíveis e otimizadas para estes tipo de dispositivos, como é o caso da navegação e estruturação de conteúdos;
- Arquitetura de informação: os *links* e principais funções devem estar numa área central - *homepage* -, ordenadas consoante as necessidades do utilizador e bem designadas, isto é com *labels* concisos, claros e consistentes. Ao mesmo tempo a navegação deve ser equacionada de forma a que haja o menor número de *clicks* possível, ilustrando e identificando sempre ao utilizador onde se encontra e como pode voltar ao início, diminuindo assim a sua possível desorientação;
- Conteúdos: conteúdos multimédia quando suportados, podem adicionar valor a um determinado produto ou serviço. Já os conteúdos ao nível da informação devem estar equilibrados de maneira a que haja o mesmo nível de informação do produto, dos conteúdos sociais e os conteúdos de suporte e de marketing;
- Introdução de dados: tratando-se de dispositivos com tamanhos de visor limitados e mecanismos de interação específicos – *multitouch* –, a introdução de dados pode tornar-se bastante morosa, pelo que o recurso a estes *inputs* deve ser minimizado sempre que possível, através do uso de valores por defeito ou preenchimento posterior. Deve ser referido que os próprios sensores do dispositivo podem evitar que o utilizador seja obrigado a introduzir determinada informação, como é o caso do espaço geográfico onde se encontra, em que através do recurso ao G.P.S. é possível obter essa informação;
- Contexto: existem casos em que o contexto de uso pode ser definido e trabalhado, podendo ser incorporadas funcionalidades específicas para esses contextos, como é o caso do recurso a comandos de voz em aplicações de navegação, ou a variação da luminosidade consoante a hora do dia;
- Usabilidade: De uma forma geral e redutora, a usabilidade é a medida geral de como a informação se encontra estruturada, bem como o conteúdo e outros elementos que ajudam o utilizador a atingir os seus objetivos. Princípios como os das áreas clicáveis que devem ser perceptíveis e com dimensões generosas e adequadas ao toque, ou seguir convenções e padrões de forma a reduzir a curva de aprendizagem da aplicação, são elementos fundamentais e determinantes ao sucesso e uso de aplicações móveis;

- *Feedback*: nos casos em que é necessário haver determinados tipos de alertas, estes devem ser minimizados e apenas devem emergir (Hollerer, 2004) em situações críticas, devendo ser breves e claros;
- *Performance*: quanto menor for o tempo compreendido entre as interações dos utilizadores e as respostas da aplicação, maior vai ser a sensação de performance do sistema bem como da aplicação; Este pode ser um fator diferenciador entre aplicações semelhantes: *"making a technically challenging feature perform smoothly will give the product a unique selling point, one that will be difficult to imitate"* (Cerejo, 2012, p. 50).

De uma forma geral, são diversos os fatores que podem influenciar de forma crucial toda esta noção de UX para o utilizador e, neste sentido, é necessário e determinante que os aspetos referidos acima sejam bem analisados e compreendidos em todas as fases de prototipagem, centrando sempre a aplicação no seu público-alvo, através de uma abordagem de *User-centered design* que procure diminuir barreiras ou entraves à navegação, acesso a conteúdos/informação, interação e/ou visualização. A correta combinação e a escolha acertada das diversas abordagens de UX são determinantes para o sucesso de qualquer aplicação móvel ou sistema nos dias de hoje.

2.1.2.1 *Design* de interface

O *design* de interface é um dos elementos fundamentais de qualquer aplicação *mobile*. Esta é a camada que se vai sobrepor a toda a lógica de funcionamento, fluxos do sistema, processamento, entre outros, acabando por ser desta forma a ponte de ligação entre o utilizador e a aplicação. O *design* de interface é um dos maiores desafios na criação de aplicações móveis (Ayob, Hussin, & Dahlan, 2009), uma vez que este vai ser um dos elementos responsáveis pela captação da atenção do utilizador, contribuindo para enriquecer expectativas e necessidades, gerando valor e confiança junto deste (Fling, 2009).

"A positive first impression is essential to relationships. People look for trust and integrity, and they expect subsequent encounters to reflect and reinforce their first impression.(...) Design plays an important role in building lasting relationships with end users ..." (Weevers, 2012, p. 47)

Ao mesmo tempo, o *design* de interface assume-se como um componente da aplicação que deve suportar, contribuir e guiar o utilizador a realizar as suas ações, procurando evitar ou minimizar a frustração, apelando à emoção como forma de criar experiências e relações únicas com os utilizadores. No entanto, não é possível garantir que todo o universo de utilizadores tenha a mesma experiência e se relacione da mesma maneira com a aplicação (Ayob et al., 2009; Fling, 2009).

O *design* de interface tem diferentes características e diferentes elementos, pelo que se torna pertinente identificar e descrever os mais comuns e mais elementares. Neste sentido, Fling (2009) identifica e descreve os seguintes:

- Contexto: o contexto, como já mencionado, é um dos elementos que deve ser sempre considerado no desenvolvimento de qualquer aplicação móvel. Em termos de *User Interface* (UI), este fator deve guiar toda a fase de construção, análise e avaliação de um determinado modelo visual. Neste sentido, é imperativo perceber e conhecer quem vão ser os utilizadores, onde estão, quanto tempo disponível têm, se estão no trabalho e/ou como utilizam os dispositivos móveis (Fling, 2009). Estas são apenas algumas das questões que devem ser levantadas quando se pretende conhecer o contexto de uso da aplicação, refletindo-se no *design* final, podendo mesmo servir de inspiração ou justificação do mesmo;
- Mensagem: a mensagem que se pretende transmitir através de determinado UI é também ela fundamental. É necessário perceber, desenvolver e transmitir uma mensagem que vai ser veiculada através do *design*, indicando e sugerindo ao utilizador que tipo de aplicação se trata. O utilizador deverá ser capaz de perceber a mensagem sem conhecer a empresa ou organização associada. Por exemplo, o recurso ao chamado *minimal design* permite aos utilizadores focarem-se mais no conteúdo, enquanto que um *design* mais trabalho e mais rico a nível visual proporciona um grau de imersão maior para o utilizador. Por vezes, o recurso a metáforas visuais pode também ajudar a maximizar a transmissão e definição da própria mensagem;
- *Look and feel*: este é um conceito um pouco subjetivo e difícil de definir. Este conceito pretende despertar os sentidos do utilizador na visualização e interação com a aplicação aproximando-o com o UI. Por vezes a utilização de algumas sombras ou animações ao toque podem contribuir para o aumento deste *look and feel*, onde o fator performance tem um papel fundamental para se poder transmitir essas sensações, devendo ser considerado um fator chave em todo o processo de desenvolvimento (Weevers, 2012).
- *Layout*: esta componente é também ela decisiva, sendo responsável pela estruturação de todos os elementos presentes na aplicação. Geralmente, na fase de arquitetura de informação, começam a ser definidas algumas das estruturas de *layout* que vão suportar e estruturar todo o UI que será desenvolvido. Questões relacionadas com o posicionamento de alguns elementos são fundamentais, tais como o logótipo ou a navegação que devem ser definidas em etapas iniciais, antes de mesmo de se iniciar o processo de *design* em si (Fling, 2009). Tratando-se de dispositivos móveis, a abordagem em termos de *layout* geralmente segue a tendência de apenas uma coluna na vertical, em que todo o restante conteúdo é apresentado sobre blocos ou estruturas verticais, maximizando todo o espaço na horizontal, uma vez que a maior parte das

aplicações fazem uso do *scroll* vertical devido a princípios de interação que serão abordados mais à frente. Existe também a versatilidade de desenvolver *layouts* fluídos ou fixos, sendo que os fluídos têm maior liberdade para se encaixarem à resolução de cada dispositivo contrariamente aos fixos onde é necessários definir *breaking points* para determinadas resoluções, como é o caso, por exemplo, do CSS3 *media queries*.

- Cor: Cada cor tem associada a si diferentes significados que despertam interpretações, emoções e sentimentos diferentes de pessoa para pessoa. A seleção e utilização de determinadas cores pode contribuir para um maior reforço da comunicação que se pretende transmitir. É frequente definir uma determinada paleta de cores que vão acompanhar todo o *design* e comunicação, assegurando uma maior consistência e equilíbrio no *design* final.
- Tipografia: é considerada por alguns como uma arte, que ajuda a promover a legibilidade, mas também a comunicar uma determinada mensagem. É um elemento que também reforça a comunicação/imagem, daí ser imperativo a escolha de tipografias corretas para cada tipo de aplicação. Sendo que se trata de um elemento de leitura, devem ser levadas em conta questões fundamentais como o espaçamento entre as palavras, o ritmo/alinhamento horizontal, a distância entre as laterais e o uso de parágrafos curtos e cabeçalhos.
- Gráficos/imagem: A utilização de imagens e fotografias é bastante recorrente em diversos tipos de media, sendo um elemento que suporta e maximiza a transmissão de uma determinada ideia/conceito. No entanto, a utilização deste tipo de media em dispositivos móveis deve ser ponderada devido ao seu elevado tamanho, podendo em certos casos, levar mais tempo a serem transferidos pela rede. Já a utilização da iconografia em dispositivos móveis é bastante frequente, permitindo a transmissão de ideias e ações em espaços pequenos.

Estes são apenas alguns dos elementos mais pertinentes e que devem ser considerados nas diferentes fases e processos de construção de um UI.

Em relação a este processo de construção de um UI, torna-se também pertinente conhecer e perceber como este deve ser desencadeado e delineado. A abordagem de Ayob et al. (2009), baseada nas *Golden Rules of Interface Design* de Shneiderman's, *Seven Usability Guidelines for mobile Device* de Abid Warsi, no ISO Standart 13407 referente ao *Human-Centered Design* e à W3C através das *Mobile Web Best Practices 1.0*, propõem uma estratégia de desenvolvimento baseada em 3 fases: análise, construção e avaliação.

A primeira fase é designada de "*context of use*" onde são levantadas, identificadas e documentadas as tarefas dos utilizadores, características do contexto e a própria definição do uso do sistema. A segunda designada de "*context of medium*" deve ter em conta as limitações mas, acima de tudo, as potencialidades destes dispositivos, onde o objetivo é encontrar soluções para

diversos problemas que vão sendo encontrados/identificados, como é o caso da navegação, apresentação de conteúdos ou até mesmo interação. A última fase, considerada de "*context of evaluation*", baseada numa abordagem de *User-centered design*, onde o foco da avaliação se encontra sobre o utilizador final, vai permitir avaliar se realmente a aplicação vai de encontro às expectativas e se responde aos problemas levantados na primeira fase, assegurando a satisfação dos mesmos na realização de diferentes tarefas.

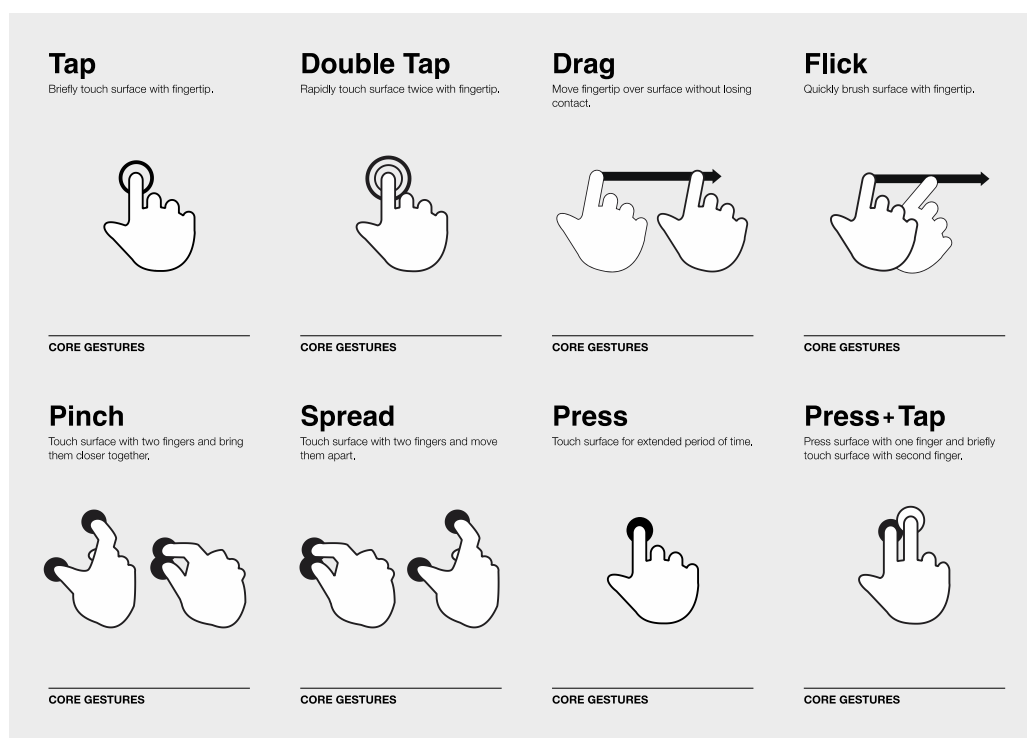
2.1.2.2 *Design* de interação

Compreendido na área científica da *Human-computer Interaction* (HCI), o conceito de *design* de interação é definido por Sharp *et al.* (2007) como "*designing interactive products to support the way people communicate and interact in their everyday and working lives*" (2007, p. 149), que demonstra e realça a importância do *design* do produto como meio de suportar as diversas e diferentes atividades Humanas. Já Terry Winograd (1997), tem uma abordagem a este conceito sobre perspectiva mais próxima ao utilizador, procurando perceber e compreender as necessidades deste, definindo este conceito como "...*the design of spaces for human communication...*" e "...*the construction of the 'interspace' in which people live, rather than an 'interface' with which interact.*" (1997, p. 149). O *design* de interação deve definir e compreender o comportamento entre os sistemas e as ações dos utilizadores, devendo centrar-se nestes agentes em todo o processo desenvolvimento, procurando desta forma reduzir a frustração e potenciar a produtividade e satisfação no seu geral (Kuo-ying, 2009).

O *design* de interação no contexto dos dispositivos móveis deve ter em conta, antes de mais, os princípios gerais de interação afetos a estes dispositivos. No caso particular deste estudo, os princípios considerados tiveram em conta os mecanismos específicos e possíveis de interação – *multitouch* – mas também a própria forma, posição e postura do utilizador durante o processo de interação com estes dispositivos.

Segundo Craig Villamor, Dan Willis e Luke Wroblewski¹⁵, os possíveis meios de interação, exclusivamente realizados a partir do visor do dispositivo, podem ser identificados e classificados como: *Tap*; *Double Tap*; *Drag*; *Flick*; *Pinch*; *Press*; e *Press+Tap*.

¹⁵ <http://static.lukew.com/TouchGestureCards.pdf>



2

Figura 3 - Dispositivos móveis: Mecanismos e formatos manuais de interação sobre o visor

O gesto *tap*, representa um evento/ação de *click*, podendo estar associado a elementos como texto, imagens ou vídeos. O *press* pode ser considerado como o comum botão esquerdo do rato estando associado geralmente a um menu com opções específicas sobre o elemento (Koch et al., 2012). O *pinch and spread* é dos gestos físicos mais naturais, que possibilitam o aumento ou diminuição de objetos/elementos, sendo geralmente utilizado para ações de *zoom in* e *zoom out*. É um gesto já bastante familiar e presente em diversas aplicações móveis (Koch et al., 2012). Através deste simples gesto é possível libertar do ecrã o espaço de 2 botões que esta funcionalidade iria introduzir. Já o *double tap*, semelhante ao *pinch and spread* é utilizado para a função de *zoom in* ou *out* automático sobre conteúdos. Neste caso não é o utilizador que define a profundidade desse *zoom*, mas sim a própria aplicação.

Por sua vez, e no caso particular do dispositivo em estudo - *tablet* -, torna-se também determinante compreender e analisar os diferentes tipos de suporte que o utilizador faz do dispositivo uma vez que, tal como se vai demonstrar mais à frente, a maneira como o suporte ao dispositivo é efetuado está diretamente relacionado com a forma como a interação vai ser desenvolvida e efetuada. Neste sentido, e apesar de não existir um número definido de maneiras de o suportar Clark (2012), alguns autores e organizações identificam as posições de suporte mais frequentes que se apresentam de seguida (Interactions, 2013; Wroblewski, 2012).

Suporte	Suporte e interação	Considerações de design
	<p>O suporte do dispositivo é realizado com uma mão enquanto a outra realiza a interação sobre o dispositivo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O lado direito e o fundo do visor proporcionam áreas propícias à interação; - Canto superior direito pode ficar escondido pela mão ou pulso; - O facto de ter uma área de menor abrangência faz com que o toque seja mais preciso; - Utilizado geralmente para ler, navegar, escrever moderadamente e jogar;
	<p>As duas mãos suportam o dispositivo, polegares realizam grande parte da interação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As zonas inferiores juntas às extremidades são zonas que oferecem uma rápida interação; - O próprio suporte favorece a interação a partir dos polegares; <p>Interações no meio do visor são difíceis de executar, requerendo uma mudança no suporte;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizado geralmente para ler, navegar, escrever moderadamente e jogar;
	<p>O dispositivo dispõe-se sobre uma superfície plana (mesa ou nas pernas) enquanto que ambas as mãos realizam toda a interação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As zonas inferiores próximas às extremidades são zonas que oferecem uma rápida interação; - Cantos inferiores podem ser tapados pelas mãos e pulsos; - O facto de ter uma área de menor abrangência faz com que o toque seja mais preciso; - Geralmente utilizado para ler, navegar, ler/enviar e-mails, e escrita intensa;


	<p>O dispositivo situa-se numa mesa ou num suporte, com ou sem nenhuma interação</p>	<ul style="list-style-type: none"> - As zonas inferiores oferecem uma rápida interação; - Interações no topo do visor escondem conteúdos; - A distância de interação pode reduzir a legibilidade e a precisão; - Utilizado geralmente para ver filmes e ouvir música;
---	--	---

Tabela 1 - Suportes comuns de *tablets* (adaptado de Interactions, 2013; Wroblewski, 2012)

Tendo em conta estes possíveis suportes e a sua alternância/combinção, as zonas ótimas de interação podem ser sistematizadas e estruturadas da seguinte maneira:



Figura 4 - *Tablets* - Zonas propícias à interação – Orientação *landscape* (adaptado de Interactions, 2013; Wroblewski, 2012)

Como se pode verificar através da **Figura 4**, as zonas mais favoráveis à interação, e no caso do dispositivo se encontrar em modo de *landscape*, são as extremidades do dispositivo bem como toda a zona inferior deste.

Enquadrando e contextualizando melhor este domínio de *design* de interação nos dias de hoje, verifique-se, através da utilização de diferentes aplicações móveis, a existência de diversas narrativas visuais e de interação. Verifica-se igualmente que, por vezes, estas narrativas implicam uma constante necessidade de aprender, experimentar e assimilar diferentes conceitos, podendo levar a experiências insatisfatórias ou de inadaptação por parte de alguns utilizadores (Nagata et

al., 2004). Este facto levanta algumas questões pertinentes: este problema é causado por um mau UI e *design* de interação ou pelo facto da falta de conhecimento das lógicas associadas ao *design* de HCI? (Kuo-ying, 2009)

Gabriel-Petit (2011) refere que para o desenvolvimento de qualquer aplicação, é necessário: definir como se vai apresentar a informação e funcionalidades ao utilizador; questionar e perceber qual vai ser a estrutura a seguir; como atrair a atenção dos utilizadores; e de que forma é efetuado *feedback* entre os utilizadores e a aplicação. Adicionalmente este autor também considera que é necessário compreender, neste processo de desenvolvimento de modelos conceituais de interação, as principais funcionalidades, a estrutura da própria aplicação, quais os objetos de informação que o utilizador vai utilizar/manipular e de que forma alguns elementos/componentes da aplicação se podem traduzir em interação e, por fim, como os adaptar a metáforas de interação.

Na base destas concetualizações devem estar alicerçados princípios como a consistência e inteligibilidade, devendo ser compreendidos e estimulados mecanismos que promovam ativamente a prevenção do erro e comuniquem ao utilizador a resposta da sua interação bem como o estado de eventuais alterações ocorridas no sistema (Gabriel-Petit, 2011).

Como foi referido anteriormente, a diversidade de modelos de visualização e de interação existente atualmente pode levar a alguns entraves na utilização de determinadas aplicações, uma vez que estes utilizadores estão constantemente rodeados de contextos diferentes e propensos à distração, limitando, por vezes, a sua capacidade de memorização, visualização e as próprias capacidades motoras (Grill et al., 2009). Neste sentido, foi importante desenvolver padrões de interação comuns e que, de certa forma, ajudassem o utilizador a realizar as suas tarefas, através de uma constante consistência de *design* de interação entre aplicações. Surgem assim alguns padrões de *design* da HCI, que são fundamentais e determinantes uma vez que providenciam soluções equilibradas e uniformizadas para problemas frequentes de interação. Um exemplo bastante interessante foi o estudo levado a cabo por Grill et al. (2009), onde propuseram um sistema/aplicação, em que através do levantamento das necessidades da aplicação e da avaliação da estrutura de *design*, é possível identificar padrões que possivelmente podem ser adotados, cabendo à equipa de *designers* iterar e enumerar qual a solução mais adequada.

Sobre uma perspetiva mais descritiva, Gabriel-Petit (2011) refere que existem vários padrões de interação e *design* associados a cada natureza/género de aplicação; no entanto, estes padrões vão ser aqui apresentados de uma forma geral, apenas para ilustrar e compreender em que situações podem ser utilizados. Assim, tendo em conta que existem naturezas diferentes de informação e interação, são apresentados os seguintes padrões com base neste autor:

DESIGNAÇÃO	DESCRIÇÃO
Lista simples	Este tipo de lista é bastante frequente em diversas aplicações. Apresentam diversos tipos de informação sobre apenas uma coluna.
Lista tabular	Representam diversos tipos de informação sobre diversas colunas. A cada coluna está associado um determinado parâmetro, sendo possível em diversos casos a ordenação da lista a partir desses parâmetros, no entanto podem também ser utilizadas para representar diversas informações em linhas, não existindo um <i>heading</i> com a designação da coluna. A natureza da informação ou conteúdo em cada coluna mantém a sua consistência ao longo das linhas.
Lista de colunas	É identificada pela visualização de diferentes hierarquias de navegação ou informação. Cada nível é visto em coluna, e a profundidade da hierarquia é observada pela sua leitura da esquerda para a direita.
Grelha	Compreende diversas colunas e linhas podendo assumir diversas formas. É identificada por uma estrutura organizada dos conteúdos, obedecendo a uma grelha onde estão definidos tanto a altura bem como largura entre os diversos elementos. Este é um dos elementos mais utilizados em diversos tipos de aplicações podendo servir para um grande conjunto de aplicações.
<i>Master and detail</i>	Em norma tem uma ou duas secções principais da aplicações que controlam/produzem conteúdos numa outra vista principal. Geralmente estas vistas estão divididas fisicamente ou por disposições diferentes (horizontalmente/verticalmente). As secções principais estão organizadas também de uma forma hierárquica. É utilizada para aplicações mais complexas onde o

	nível e complexidade de organização e gestão de informação é bastante grande.
<i>Detail data</i>	Assume na sua natureza um maior volume de informação, quer textual quer visual, estando associada geralmente a um objeto/função. Geralmente estes conteúdos são visionados numa página dedicada ao <i>detail data</i> .
<i>Canvas</i>	Suportam a criação e edição de documentos simples, como é o caso de e-mail ou notas. Pressupõem algum nível de <i>input</i> por parte do utilizador.
<i>Canvas and palettes</i>	Semelhante ao <i>canvas</i> , embora com a vantagem dos conteúdos que são adicionados ou editados poderem ser formatados ou estilizados por parte do utilizador.
<i>Worksheet</i>	Compreende a apresentação de informação sobre colunas e linhas, onde o resultado do seu cruzamento se designa por célula cuja informação pode ser de texto, numérica ou sob uma formula.
<i>Dashboard</i>	Geralmente serve de ponto de partida da aplicação, apresentando conteúdos e informações mais pertinentes para o utilizador. A forma como é apresentada informação pode assumir a forma de listas, gráficos, tabelas, informações gerais, entre outros.
Painel de controlo	São componentes da aplicações que permitem aos utilizadores modificar/alterar as próprias definições da aplicação. A maneira como pode ser visualizada esta componente pode ter diversas estruturas.

Diálogo	Permitem obter ou transmitir informações importantes ao utilizador, como é o caso dos <i>pophovers</i> , que permitem transmitir informações de relevo ao utilizador.
Wizard	É frequente a utilização destes <i>wizards</i> como forma de acompanhar os utilizadores as realizar tarefas com alguma complexidade através de instruções passo a passo.
Mundo virtual	Geralmente associados a jogos, providencia uma experiência imersiva ao utilizador através de linguagens e conteúdos visuais bastante ricos.
Browser	Esta experiência é também por si muito imersiva, devido à variedade de conteúdos e informações associadas. Aqui é possível a existência de diferentes padrões como forma de apresentar, estruturar ou gerir informação e conteúdos.
eReader	Utilizadas para o visionamento de documentos, podem ilustrar diferentes funcionalidades, embora o seu principal objetivo seja o visionamento de documentos.
Media player	São conhecidos pelo suporte e reprodução de conteúdos vídeo e áudio contento também diversas opções consoante a sua aplicação.
Virtual object/tool	O conceito prende-se com a emulação de objetos do mundo real transportados para uma aplicação digital, utilizando por vezes narrativas reais.

Camera controller	Este é sem dúvida um dos mais importantes no âmbito deste trabalho. O recurso à câmara do dispositivo para visualizar/registar conteúdos em vídeo é uma mais valia de alguns dispositivos móveis. A maneira como são ilustradas as diversas opções possíveis de registo/visualização de vídeo são várias pelo que exigem alguma ponderação na utilização de linguagem e na estruturação dos conteúdos e informação.
Coach marks	A utilização desta componente tem como objetivo orientar/educar o utilizador a realizar determinadas tarefas ou ações. Geralmente são acompanhadas de instruções/ilustrações visuais de forma a reforçar a comunicação.
Navegação	Sem dúvida uma das componentes mais importantes do <i>design</i> de interação, na medida em que toda a aplicação deverá ter uma ou mais maneiras de navegar entre os diferentes conteúdos e funcionalidades. Existem diversas formas/estruturas de representar navegação. Algumas caracterizam-se por se encontrarem divididas em blocos associadas a uma iconografia e uma designação específica.
Empty data sets	Este módulo é utilizado quando alguma operação não ocorre como pretendido ou não há conteúdos a serem ilustrados. É necessário dar informações contextuais de forma a transmitir ao utilizador o que se sucedeu.
Feeds	Normalmente utilizada para transmitir vários conteúdos de informação, geralmente disposta sobre linhas, caracterizado por ser uma lista possivelmente bastante extensa dando a possibilidade ao utilizador de navegar entre conteúdos.

Mapas	A utilização de mapas é bastante frequente em aplicações móveis para ilustrar sítios ou direções.
Pesquisa	Este módulo também é bastante frequente, permitindo ao utilizador encontrar informação mais rapidamente. Geralmente compreende um campo de <i>input</i> e um botão associado para efetuar a pesquisa.
Splashscreen	Ecrã inicial da aplicação onde deve estar representado o <i>branding</i> /imagem da aplicação, muitas vezes utilizado para efetuar <i>loading</i> da aplicação.
Estatísticas	Utilizado para visualizar informações quantificada sobre a forma de gráficos.

Tabela 2 - Padrões de interação e *design*. Adaptado de Gabriel-Petit (2011)

Como é possível verificar, existe uma grande quantidade de modelos/padrões já bastante conhecidos e enraizados nas experiências dos utilizadores, que oferecem a estes uma experiência de visualização e interação familiar, contribuindo de uma forma significativa para o seu reconhecimento e por conseguinte para um melhor UX.

2.1.2.3 Usabilidade

Usabilidade é um conceito e atividade transversal a toda a atividade Humana, sendo de tal maneira importante que a sua inexistência ou negligência pode por em risco a própria integridade de certos utilizadores (como é o caso do setor da medicina ou transportes), ou pelo contrário, decisivo e determinante na celeridade de determinadas atividades como é o caso das áreas de negócio e gestão. Através deste enquadramento, procura-se evidenciar a importância desta área científica e o seu impacto num conjunto indiferenciado de utilizadores/indivíduos, que atravessa culturas, idades, géneros ou classes sociais (Koch et al., 2012).

Como referido anteriormente, os dispositivos móveis são hoje cada vez mais utilizados por um conjunto também cada vez mais alargado de pessoas (T. Tullis & W. Albert, 2008). À medida

que estes dispositivos vão evoluindo, maior é a preocupação em tentar desenvolver produtos/serviços que correspondam às necessidades e expectativas destes. Este conceito surge assim neste domínio como um meio de perceber e compreender como esta relação entre utilizadores e dispositivos se foi desenvolvendo (Nayebi, Desharnais, & Abran, 2012).

Atualmente os fabricantes de tecnologia consideram este domínio como um fator chave do seu negócio, focando-se cada vez mais no utilizador e não tanto na tecnologia, como acontecia outrora. Estas empresas aperceberam-se que um produto "usável" tem maior probabilidade de ser melhor acolhido pelos consumidores. Este fenómeno constata-se nos próprios mercados de aplicações, onde as aplicações mais fáceis de aprender e usar, têm maior adoção e maior reconhecimento e destaque sobre as restantes (T. Tullis & W. Albert, 2008) .

Rubin & Chisnell (2008) referem que existem fatores que podem ser identificados como possíveis responsáveis pela falta de usabilidade de certos produtos ou serviços, referindo cinco, nomeadamente: o foco no desenvolvimento de processos tendo em vista o próprio sistema; os próprios utilizadores alteram-se ao longo do tempo; desenvolver produtos que tenham bons fundamentos e princípios de usabilidade é difícil; as próprias equipas de desenvolvimento por vezes não atuam de forma integrada; o *design* e a implementação não refletem a ideia inicial.

Existem várias definições para este conceito (Rubin & Chisnell, 2008) e de vários agentes, organizações e pessoas. A norma da *International Organization for Standardization* (ISO 9241-11) define este conceito como "*The extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use*" ("What is usability?," 2006, p. s/p). Já a definição da associação de profissionais desta área (U.P.A. *Usability Professionals Association*) é mais focada nos processos de desenvolvimento, referindo que "*Usability is an approach to product development that incorporates direct user feedback throughout the development cycle in order to reduce costs and create products and tools that meet user needs.*" (U.P.A. apud T. Tullis & W. Albert, 2008, p. 4). Uma abordagem mais simples e direta é a de Steve Krug (Krug apud T. Tullis & W. Albert, 2008), considerando que a usabilidade acima de tudo se deve preocupar, mas também assegurar, que determinadas ações são desempenhadas com sucesso, independentemente das capacidades ou experiência pessoal dos utilizadores.

Embora hajam diferentes definições e abordagens a este conceito, existem sempre três aspetos transversais a todas estas: envolve sempre um sujeito/pessoa; implica que essa pessoa esteja a desempenhar alguma função; essa função esteja relacionada com um produto, sistema ou outros (Krug apud T. Tullis & W. Albert, 2008).

A usabilidade pode também ser considerada como o resultado da combinação de um conjunto de fatores, onde se destacam: eficácia, eficiência, satisfação, aprendizagem, segurança, flexibilidade, robustez, previsibilidade, familiaridade, sintetização, generalidade e customização (Dix et al., 2004; Nayebi et al., 2012).

A usabilidade é demonstrada quando o utilizador não sente nenhum entrave à execução de determinadas tarefas, em que todos os processos são satisfatórios, eficientes, eficazes e úteis. Nestes casos, o utilizador não se apercebe que aquele produto ou serviço está bem desenhado do ponto de vista de usabilidade, porque é assim que este espera que funcione: "*True usability is invisible*" (Rubin & Chisnell, 2008, p. 6). No entanto é quando um destes elementos falha, que o utilizador se pode sentir frustrado ou insatisfeito, apercebendo-se que existem falhas e entraves que não o permitem atingir o seu objetivo. Apesar destas considerações, refere-se que por vezes não é possível conceber e desenvolver soluções ótimas em termos de usabilidade para conjuntos indiferenciados de utilizadores.

É incontornável quando se fala de usabilidade, não referir as heurísticas de usabilidade de Jakob Nielsen, considerado um dos autores mais influentes desta área científica. Estas heurísticas devem servir como bases de orientação para o desenvolvimento e avaliação de produtos ou serviços, servindo mais de guias do que propriamente regras restritas. De referir que estas refletem a última abordagem do autor, sendo que inicialmente (1993) quando estas heurísticas foram formuladas eram apenas 8.

HEURÍSTICA	DESCRIÇÃO
Visibilidade do estado do sistema e possibilidade de recuperação de erros	O sistema deve manter os utilizadores informados acerca do estado do sistema através de meios próprios e em seu devido tempo
Correlação entre o sistema e o mundo real	O sistema de utilizar uma linguagem compreensível e familiar ao utilizador através de palavras, frases e conceitos, indo de encontro a convenções em que a informação deve aparecer de uma forma natural e lógica
Controlo e liberdade	Caso o utilizador tenha escolhido uma função do sistema por engano, este deve ser capaz de indicar e reencaminhar o utilizador para o estado inicial. O sistema deve suportar funções de <i>undo</i> e <i>redo</i>

Consistência e standardização	Devem ser seguidos padrões convencionais, no sentido em que os utilizadores não se devem questionar se diferentes palavras, situações ou ações significam o mesmo
Prevenção do erro	O sistema deve ser capaz de não causar erros ao utilizador
Reconhecimento em vez de recordação	Deve ser minimizado o acesso à memória por parte do utilizador, tornando visíveis objetos, ações e opções
Flexibilidade e eficiência de uso	Mecanismos que possibilitem uma rápida interação tanto para novos utilizadores bem como para utilizadores experientes
Estética e <i>design</i> minimalista	Toda a informação destes casos deve ser relevante e necessária. Cada unidade de informação adicional está a competir diretamente com outras unidades de informação potencialmente mais pertinentes
Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros	Ao apresentar erros ao utilizador, estes devem ser expressos na linguagem deste e sem quaisquer códigos de sistema, indicando precisamente qual é o problema e qual a sugestão construtiva que este sugere para o ultrapassar
Ajuda e documentação	O cenário ideal é que o utilizador não necessite de manuais para utilizar determinado sistema

Tabela 3 - 10 Heurísticas de Jakob Nielsen. Adaptado de Nielsen (1995)

Para além destas Heurísticas, existem também métricas utilizadas para medir ou avaliar determinados fenómenos ou ações de forma segura, precisa e fiável sendo fundamentais para adquirir "...new insights and lead toward a better understanding of user behavior." (T. Tullis & W. Albert, 2008, p. 10). Dix *et al.* (2004) sugerem alguns princípios pelos quais é possível avaliar um produto ou serviço ao nível de usabilidade baseado nos seguintes indicadores: tempo que o utilizador demora a terminar determinada tarefa; percentagem de tarefas concluídas; percentagem de tarefas concluídas por unidade de tempo; relação de operações efetuadas com sucesso e com insucesso; o tempo despendido com erros; percentagem de erros ocorridos; percentagem de soluções concorrenciais melhores que a solução proposta; número de comandos utilizados; frequência do recurso a ajuda ou documentação; percentagem de comentários favoráveis ou desfavoráveis; número de erros que foram cometidos recorrentemente; número de casos de sucesso e insucesso; número de vezes que o UI induziu o utilizador em erro; número de aspetos positivos e negativos identificados; número de comandos que não foram utilizados; número de comportamentos insatisfatórios; número de utilizadores que preferem o atual sistema; número de vezes que o utilizador teve que contornar determinado problema; número de vezes que o utilizador foi interrompido quando realizava uma tarefa; número de vezes que o utilizador perdeu o controlo do sistema; e o número de vezes que o utilizador expressou descontentamento ou satisfação. Estes são apenas alguns indicadores que podem dar uma visão global sobre os princípios gerais de usabilidade que um produto ou serviço poderá ter, sendo possível identificar melhor as etapas/processos onde são encontrados mais barreiras à usabilidade.

No caso particular dos dispositivos móveis, e mais especificamente dos *tablets*, alguns autores referem a interação como um possível entrave à usabilidade, devido aos mecanismos particulares de interação – *multitouch* –, onde o *design* de interface e interação são apontados como componentes decisivas para dirimir ou atenuar esses entraves. Alguns desses dizem respeito aos elementos clicáveis, cujo tamanho deve ser sobredimensionado no sentido de contribuir para uma maior precisão do toque, evitando desta forma ações indesejadas. Ao mesmo tempo, este sobredimensionamento de elementos ou áreas de interação permite transmitir um *feedback* visual maior aos utilizadores de onde realmente estão a tocar. Já, e contrariamente, zonas de interação mais reduzidas correm o risco de ficar ocultas durante esse processo de interação, podendo não haver nenhum *feedback* visual que transmita essa resposta de interação (Tseng, 2012). Esta preocupação associada a este sobredimensionamento destes elementos é designada pela comunidade de *developers* de UX como *fat fingers*, existindo inclusivamente normas e guias referentes ao *design* de interação que estipulam dimensões mínimas para estes elementos, como é o caso da Apple que define 44 pixéis de largura/altura¹⁶ (Clark, 2012).

¹⁶ iOS Human Interface Guidelines - <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/userexperience/conceptual/mobilehig/>

Também o próprio contexto e ambiente de uso podem determinar a maneira como o dispositivo é suportado (Interactions, 2013), o que por sua vez vai afetar a maneira como os conteúdos devem ser desenvolvidos e otimizados a diferentes níveis: usabilidade, *design* de interação, *design* de interface, arquitetura de informação, entre outros (Clark, 2012).

Estes são princípios que devem ser levados em conta quando se pretende criar zonas de interação numa aplicação, tornando assim o modo de interação mais fácil, rápido, eficaz e acima de tudo, natural para o utilizador (Clark, 2012; Wroblewski, 2012).

De uma forma geral, ficam descritos alguns dos princípios, regras e desafios que devem ser levados em conta nas várias etapas de conceitualização e desenvolvimento de soluções móveis desta natureza que devem ter em vista proporcionar ao utilizador a melhor experiência possível, contribuindo e auxiliando ao mesmo tempo, o utilizador a realizar e satisfazer as suas tarefas e necessidades.

2.2 Realidade aumentada em dispositivos móveis: interação e visualização de informação

O conceito de RA teve o seu início há cerca de meio século, tendo vindo a ganhar cada vez mais expressão nas últimas décadas. O recurso a esta tecnologia é cada vez mais comum em diferentes setores e áreas de atuação Humana, como é o caso de jogos de futebol, consolas portáteis, *smartphones* e *tablets*, e inclusivamente em médias impressos para realizar diferentes tipos de experiências visuais (Shore, 2012).

O enquadramento histórico deste tema pode ser compreendido à luz da seguinte referência:

"Mankind have always had dreams to see beyond that can be seen with our naked eyes. We wanted to see the stars since we started gazing at them. So we built telescopes. We were curious to know what is beyond the smallest. So we built microscopes. Now we want to dream with open eyes. So we are using augmented reality." ("Augmented reality-Everything about AR," 2012, p. s/p)

Aprofundando a perspetiva histórica deste tema, foi em 1968 que Ivan Sutherland (conhecido como "*Father of Graphics*" (Shore, 2012)) criou, juntamente com o seu estudante Bob Sproull, o "*The Sword of Damocles*": a primeira experiência de RA, realizada através de um *head-mounted display*¹⁷ (HMD), que proporcionava aos utilizadores experiências visuais geradas por computador.

As décadas que se seguiram, foram marcadas pelo forte investimento científico nesta área, destacando-se instituições como a U.S. Air Force's Armstrong Laboratory, a própria NASA, M.I.T. e a Universidade da Carolina do Norte (Hollerer, 2004). Em 1990, o investigador Tom Caudell refinou o conceito de RA e Julie Martin trouxe a RA para a televisão. Entretanto, a indústria cinematográfica

¹⁷ Dispositivo de visualização que pode ser utilizado sobre a forma de capacete ou objeto que se sobreponha ao campo de visão do utilizador.

começou a utilizar os princípios associados à RA em filmes como o *Terminator* (Hollerer, 2004), procurando transmitir um sentido mais futurista ao filme.

Ainda na década de 90, devido às grandes transformações tecnológicas, caracterizadas pela produção e desenvolvimento de dispositivos cada vez mais pequenos e rápidos, foi possível levar a RA a contextos de maior mobilidade, passando a ser possível a sobreposição de elementos digitais em ambientes mais complexos e dinâmicos. Em 2000, Hirokazu Kato's combinou experiências gráficas na vida real, utilizando pela primeira vez o *video tracking* para sobrepor conteúdos visuais sobre a câmara de vídeo (Shore, 2012).

Atualmente, a RA encontra-se presente em diferentes áreas e em diferentes suportes que vão desde a televisão comum, ao computador de secretária ("Augmented reality-Everything about AR," 2012), aos *Head-Up Displays*¹⁸ (HUD), HMD, *Head-mounted Projection Displays*¹⁹ (Klepper, 2007), *Spatial Augmented Reality* (Carmigniani et al., 2011), aos mais recentes *smartphones* e *tablets* do mercado. Existem, inclusivamente, conceitos premiados, que querem trazer a RA às lentes de contato, esperando-se mesmo um protótipo dentro dos próximos anos (Bernstein, 2012).

Em termos de aplicação desta tecnologia, a RA já se encontra hoje presente em diversos setores/áreas de atividade humana, como é o caso dos setores militar, medicina, indústria, formação/educação, entretenimento, manutenção e inspeção, navegação, turismo, arquitetura e arqueologia, modelação urbana, geografia, jornalismo, treino e combate, e gestão de informação pessoal e marketing (Gloria E. Jaramillo, 2010; Hollerer, 2004). Futuramente, Drell (2012) estima que o recurso a RA em dispositivos móveis deverá ganhar maior expressão em áreas como a exploração urbana, museus, compras, viagens, apoio ao cliente, segurança e operações de salvamento.

A definição deste conceito, consensual entre vários autores/investigadores, pode ser descrita com base na proposta de Ronald T. Azuma: "*Augmented Reality is about augmenting the real world environment with virtual information by improving people's senses and skills. There are three common characteristics of AR scenes: the combination of real world environment with computer characters, interactive scenes and scenes in 3D.*" (Azuma apud "Augmented reality-Everything about AR," 2012, p. s/p). Analisando um pouco melhor esta definição, pode-se afirmar que RA é um suplemento à realidade (Klepper, 2007), sendo uma composição/representação de carateres ou objetos ("Augmented reality-Everything about AR," 2012), recriada por imagens processadas digitalmente e em tempo real (Shore, 2012).

¹⁸ Dispositivo de visualização transparente que permite a sobreposição de elementos gráficos sobre o campo de visão do utilizador. Para esta visualização não é necessário nenhum equipamento por parte do utilizador.

¹⁹ Permite a projeção de elementos gráficos diretamente sobre o ambiente/contexto do utilizador e sempre no seu campo do visão, a partir de um dispositivo de projeção ligado a este.

A RA é diferente da realidade virtual (RV), onde a primeira pode ser considerada como uma extensão da própria realidade. A RA procura incorporar objetos digitais no mundo real, ao contrário da RV, cujo objetivo é substituir o mundo real a partir da criação de um espaço virtual composto por representações digitais do mundo real, fazendo com que haja uma experiência de imersão maior por parte dos utilizadores ("Augmented reality-Everything about AR," 2012), estimulada na sua maioria pelo sentido da visão mas também pelo áudio, tato e outras formas de *feedback* (Hollerer, 2004).

Milgram's (Milgram and Kishino apud Gloria E. Jaramillo, 2010) coloca a RA num plano muito próximo à realidade atual, como se ilustra na seguinte figura.

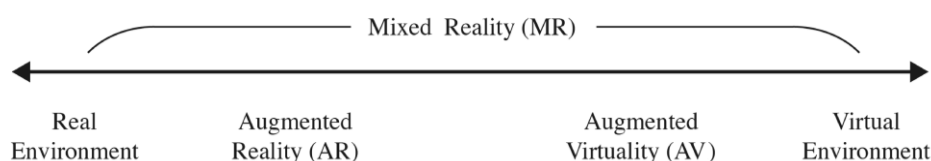


Figura 5 - Milgram's continuum (adaptado de Milgram and Kishino apud Gloria E. Jaramillo, 2010)

À medida que se avança para o lado direito da imagem, maior vai ser a imersão da experiência do utilizador no sistema, colocando assim a RA num primeiro nível de imersão.

Os dispositivos móveis são considerados hoje como o mais promissor suporte de utilização deste tecnologia (A. Dey, Jarvis, Sandor, & Reitmayr, 2012). Características como a mobilidade, portabilidade e conectividade conferem a estes dispositivos plataformas únicas de acesso a informações sensíveis ao contexto do utilizador, mudando a maneira como se acede, compreende e consome informação, através da sobreposição de informação digital diretamente sobre o contexto onde o utilizador se insere (Li & Duh, 2013). No caso particular em estudo - *tablets* -, a Metaio²⁰ encara este como o dispositivo perfeito para desbloquear todo o potencial associado à tecnologia de RA e à sua utilização em diferentes contextos ligando "...real world objects with digital world displays at a single finger tap" (Reality, 2011, p. s/p).

Com o aumento de aplicações móveis que possibilitam a criação de conteúdos a partir dos seus utilizadores (*User-generated Content*), o volume de informação georreferenciada é cada vez maior, o que por sua vez potencia a exploração e interação com esta natureza de conteúdos e informações sensíveis ao contexto (Seichter et al., 2013). Esta sensibilidade ao contexto cria, enriquece e fortalece a relação entre a informação virtual e o ambiente físico, unificando estas duas esferas (Li & Duh, 2013). Este conceito – sensibilidade ao contexto -, introduzido por Mark Weiser (Weiser (1991) apud A. K. Dey & Häkkinä, 2008), diretamente relacionado com o conceito e noção

²⁰ A Metaio é uma empresa de base tecnológica de I&D de soluções de RA - <http://www.metaio.com/>

de computação ubíqua (*ubiquitous computing*), pode ser descrito como a capacidade dos computadores se adaptarem ao comportamento e necessidades das pessoas em diferentes contextos de utilização, ao mesmo tempo que são disponibilizadas formas de interação que suportem adequadamente as tarefas que o utilizador está a levar a cabo em determinado momento. Pretende-se assim que estes sistemas de computação se tornem invisíveis para os utilizadores, limitando-se apenas a responder às suas necessidades e tarefas diárias (A. K. Dey & Häkkinen, 2008).

Por sua vez, também os mercados de aplicações registam uma tendência de crescimento de aplicações que recorrem a esta tecnologia para diferentes fins, onde se estima que até 2017 sejam instaladas mais de 2.5 biliões de aplicações desta natureza, nestes dispositivos (Miller, 2012). Esta tendência pode ser explicada pela crescente procura por parte dos utilizadores mas também pelo forte investimento que se tem vindo a realizar nesta área, numa tentativa de explorar novos domínios aplicacionais onde esta tecnologia se pode inserir, desconhecendo-se ainda o seu limite: "The future of augmented reality is unknown..." (Shore, 2012, p. s/p). Ao mesmo tempo, começam a emergir ferramentas (SDK's) que permitem que os próprios utilizadores desenvolvam as suas próprias aplicações de RA sobre uma plataforma dedicada como é o caso do Junaio, Wikitude ou Layar.

As tecnologias que tornam possível o recurso ao contexto de RA nestes dispositivos são: o natural recurso à câmara de vídeo do dispositivo e seu visor; ligação a uma rede de transmissão de dados; utilização do posicionamento georreferenciando do dispositivo através do sensor de G.P.S. ou através ligação à rede; dos sensores de luminosidade; bússola digital; acelerómetro e giroscópio onde através destes últimos é possível atingir o designado *sixth degrees of freedom*²¹ (6DoF) (Van Krevelen & Poelman, 2010).

Segundo Kim (2012) a forma como são apresentados os conteúdos em RA em dispositivos móveis pode ser categorizada e classificada em 3 grupos. O primeiro diz respeito à sobreposição de elementos gráficos sobre o visor, podendo-se basear numa das seguintes abordagens:

- *Marker-based tracking/fiducial markers*: formas ou representações visuais que facilitam a deteção para posteriormente proceder ao *rendering* e sobrepor conteúdos digitais. Esta abordagem tem a facilidade de ser menos exigente ao nível de processamento e de ser mais fácil definir o que se pretende reconhecer/identificar;
- *Markerless tracking*: a deteção é realizada através de objetos reais, acabando por ser mais exigente e mais complexa ao nível dos algoritmos de deteção mas também de processamento (A. Dey et al., 2012; Dolz, 2012; Kim, 2012).

²¹ Refere-se à liberdade de movimento sobre um espaço tridimensional

Geralmente ambas as técnicas implicam a deteção/reconhecimento de determinados objetos ou formas previamente definidas ou programadas.

O segundo grupo diz respeito a aplicações cujos conteúdos sobrepostos na visualização são determinados pela sua georreferenciação, estando dependentes de tecnologias de localização (G.P.S.) e conectividade a uma rede de dados. Neste quadro incluem-se, por exemplo, as aplicações designadas de *Augmented reality browsers*. Por fim, a terceira categoria está associada aos serviços de localização designados de *Social Network Services* (SNS) mas também dos *Location-based services* (LBSs), sendo também necessário para estes casos o recurso ao G.P.S. (Kim, 2012)

O desenvolvimento de soluções desta natureza e para estes suportes, deve ter em conta, para além das especificidades e mecânicas relacionadas com a interação e visualização de informação que vão ser abordadas mais à frente, fatores relacionados com o próprio contexto e suporte mas também com os próprios fatores humanos associados a esta experiência. Neste sentido, e segundo Hollerer (2004) e Li & Duh (2013), alguns desses fatores podem ser apontados como:

- Controlo: a RA em dispositivos móveis tem de ter em conta a imprevisibilidade do mundo real, no sentido em que não é possível garantir o espaço de determinados elementos no visor. É também necessário ter em conta que diferentes FoV²² (*Field of View*) podem ter diferentes ações sobre a aplicação e sobre o seu visor. Geralmente o FoV captado pela câmara do dispositivo compreende apenas cerca de 60° do contexto real do utilizador (Mulloni, Dünser, & Schmalstieg, 2010);
- Dinâmica do ambiente: o próprio contexto onde se encontra a ser aplicado tem de ser equacionado em todas as suas variáveis e imprevisibilidades. Assim o sistema deve ter em conta os movimentos de orientação do utilizador mas também os próprios movimentos e transformações do ambiente que podem influenciar a aplicação;
- Informação semântica: tendo em conta que a informação é sobreposta sobre o mundo real é necessário estabelecer uma relação semântica entre os objetos digitais e os objetos reais como forma de caracterizar o comportamento do UI;
- Espaço do visor: é de extrema importância ter em conta o tamanho do visor destes dispositivos, constituindo-se como um grande desafio, uma vez que para além de este estar a representar o mundo digitalmente através do dispositivo é necessário também sobrepor informação sobre o mesmo, sendo necessário algumas restrições na gestão deste espaço;
- Atenção do utilizador: nesta experiência de RA deve-se ter em conta que os utilizadores estão simultaneamente a alternar e a combinar a sua atenção entre os

²² Campo de visão da câmara do dispositivo

dois mundos – mundo real e o mundo digital de RA – numa tentativa de identificar, reconhecer e mapear cognitivamente a sua presença no espaço e no contexto.

Hoje em dia ainda se colocam alguns desafios à utilização desta tecnologia nestes dispositivos. Estes desafios podem ser de base mais tecnológica ou mais centrada no domínio do seu uso e utilização.

Do ponto de vista da tecnologia, alguns desses desafios/barreiras referem-se ao erro ou incerteza da orientação do dispositivo, influenciando negativamente a visualização dos conteúdos por parte do utilizador. Outro desafio prende-se com a necessidade de garantir um rápido e dinâmico reconhecimento do contexto e suas componentes assegurando um alinhamento "perfeito" entre os conteúdos (re)criados digitalmente com os objetos do mundo real (A. Dey et al., 2012). As mudanças não naturais de posição da informação virtual sobre o ecrã criam desequilíbrios e descontinuidades visuais. A minimização desta descontinuidade visual deve servir como objetivo quando se procura gerir a visualização (Li & Duh, 2013).

Por sua vez, os desafios de ordem humana, que vão ser abordados nos capítulos seguintes, remetem-nos para componentes específicas de visualização e interação com informação. A coexistência 2 realidades distintas – uma física e outra digital – na mesma visualização com mecanismos de interação/atuação específicos sobre uma realidade digital, trás consigo um conjunto de desafios, mas também princípios, que devem ser tidos em conta.

Estabelece-se desta forma o ponto de partida para algumas das considerações que devem ser tomadas nos domínios gerais de RA em dispositivos móveis e transpostas para as componentes mais específicas de interação e visualização neste contexto e nestes suportes.

2.2.1 Interação

Esta nova geração de dispositivos móveis veio introduzir novas formas de interação, formas essas que nos permitem desenvolver soluções que se afastem dos tradicionais modelos de WIMP (*Windows, Icons, Menus, Pointer*), em busca de abordagens de interação mais diretas e naturais (Li & Duh, 2013). Carmigniani et al. (2011, p. 351) defende que um dos grandes objetivos da interação neste contexto é “... *create appropriate techniques for intuitive interaction between the user and the virtual content of AR applications*”.

A interação em contexto de RA nestes dispositivos pode ser definida e categorizada em 2 grupos: 1) **manipulação a partir do visor do dispositivo**; 2) e **manipulação direta** (Gervautz & Schmalstieg, 2012; Li & Duh, 2013).

A **interação realizada a partir do visor do dispositivo** é a mais frequente e comum. Esta forma de interação baseia-se no dispositivo em si - *touchscreen* -, como forma de interagir com os conteúdos digitalmente (re)criados. Geralmente a interação está relacionada e associada a: ações de navegação; *pan-and-zoom* sobre o ambiente que se encontra a ser captado; ações

desencadeadas pela mudança de orientação ou mesmo pela distância; toque e gestos sobre o visor do dispositivo. De destacar a importância do *zoom* nestes cenários, uma vez que esta funcionalidade pode contribuir para ultrapassar a barreira da limitação do espaço do visor, dando a oportunidade aos utilizadores de acederem à informação que desejam de uma forma mais direta e eficiente. No entanto, tendo em conta a liberdade concedida aos utilizadores, no que respeita à mobilidade e portabilidade do dispositivo, estes podem também mover o dispositivo para perto dos objetos de interesse, tirando ao mesmo tempo partido dos 6DoF que possibilitam visualizações mais ricas, interessantes e dinâmicas, especialmente em objetos 3D (Koh et al., 2010; Li & Duh, 2013).

Por sua vez, e segundo Li & Duh (2013), a **manipulação direta** de objetos ou conteúdos digitais pode ser categorizada entre: 1) interação tangível; 2) interação manual; 3) interação multimodal. Estas abordagens de interação são consideradas pelos autores como abordagens que potenciam e enriquecem toda a experiência de utilização de RA nestes dispositivos.

A interação tangível, em RA e em dispositivos móveis, é considerada como um novo paradigma de interação (Li & Duh, 2013). Esta nova abordagem de interação, recorre a marcadores fiduciais ou *marker-based tracking* para a manipulação direta de objetos virtuais. Estes objetos virtuais vão ser sobrepostos sobre esses indicadores, dando posteriormente a possibilidade e capacidade aos utilizadores de manipularem diretamente estes a partir de um contexto físico onde se localizam esses marcadores (A. Dey et al., 2012; Gervautz & Schmalstieg, 2012; Koh et al., 2010; Li & Duh, 2013). Ao contrário de dependerem de *inputs* específicos do dispositivo, este novo paradigma permite que os utilizadores manipulem diretamente informações/conteúdos virtuais a partir de objetos físicos situados no próprio contexto de utilização. Neste sentido, esta abordagem vai de encontro à interação que as pessoas têm no dia a dia, sendo mais natural e imediata para os utilizadores, contribuindo para uma maior inteligibilidade, reduzindo ao mesmo tempo o processo de aprendizagem cognitiva (A. Dey et al., 2012; Koh et al., 2010; Li & Duh, 2013). Ainda dentro da interação tangível, Li & Duh (2013) definem adicionalmente 2 tipos de interação física: *static interaction primitives* e *dynamic interaction primitives*. A primeira permite aos utilizadores manipularem o objeto sobre diferentes ângulos do dispositivo, tais como apontar, rodar e ajustar a distância. Já a *dynamic interaction primitives* depende unicamente do movimento físico do dispositivo na horizontal, vertical e diagonal. Apesar de esta abordagem de interação permitir uma melhor facilidade e velocidade no posicionamento de objetos virtuais no visor, a manipulação do ângulo e distância de visualização, no que diz respeito à rapidez e fluidez da visualização, ainda não se compara com os métodos tradicionais de *input*, como é o caso do teclado (Li & Duh, 2013).

Já a interação realizada diretamente pelas mãos, proporciona a manipulação direta de objetos virtuais, sem que para isso haja necessidade de utilizar outros dispositivos ou equipamentos. As mãos são consideradas por Li & Duh como "*the most natural and effective input device to perform direct human-computer interaction*." (Li & Duh, 2013, p. 119). Esta abordagem de interação é baseada no princípio em que, enquanto uma das mãos segura no dispositivo, a outra tem a

liberdade e capacidade de efetuar determinadas interações. Uma dessas interações compreende a (re)criação de objetos virtuais diretamente sobre a mão/palma livre do utilizador, onde a manipulação do objeto é efetuada a partir da própria mão. Outra forma de manipulação manual é através de mecanismos de interação por toque colocados na parte de trás do dispositivo. Este modelo é apontado como uma possível solução aos problemas de ocultação de determinados elementos na visualização quando se interage diretamente a partir do visor. A eficácia deste técnica de interação pode variar de tarefa para tarefa, sendo necessária a adaptação e personalização às atividades que estão subjacentes a essa interação (Li & Duh, 2013).

Por fim, a interação multimodal permite a interação através de múltiplas formas de *input* e *output*, proporcionando ao utilizador uma maior flexibilidade ao adequar os modelos de interação a situações específicas, contribuindo desta forma para uma maior eficiência na manipulação/interação. Atualmente, os gestos manuais e a voz são os mecanismos de *input* mais comuns. Em relação aos gestos, estes permitem uma manipulação mais direta e mais efetiva, no entanto, a voz é considerada como um meio de *input* determinante nestes cenários, comportando comandos que são essenciais para manipular determinados objetos ou ações sobre estes, sendo especialmente importantes quando estes não se encontram no raio de visão dos utilizadores. Estudo empíricos demonstram que a combinação destas duas modalidades de interação, potenciam a eficiência na utilização da interação espacial em contextos de AR, quando comparadas com interações unimodais (Li & Duh, 2013).

A interação pode também ser compreendida e utilizada como uma ferramenta colaborativa. Este conceito de colaboração tem vindo a ser trabalho e investigado nestes contextos de uso. Ao longo dos últimos anos, a RA tem vindo a contribuir a facilitar o número de experiências/aplicações partilhadas de colaboração como é o caso do ensino, planeamento, jogos sociais e turismo. A RA em dispositivos móveis permite que várias pessoas interajam com diferentes informações virtuais/digitais mantendo sempre a dinâmica social no mundo real (Li & Duh, 2013). Neste sentido, para além de o utilizador poder visualizar e manipular conteúdos em RA, o utilizador pode também criar conteúdos dentro dos contextos digitais de RA. Esta componente de criação de conteúdos pode contribuir para uma maior diversidade de conteúdos disponíveis, que por sua vez podem influenciar e determinar as experiências em RA. Uma técnica de criação de conteúdos bastante utilizada, e designada de *freeze-set-go*, permite aos utilizadores pausarem a visualização num determinado *frame*, e criarem conteúdos sobre esse contexto de uma forma mais confortável e eficaz. No entanto, neste domínio de criação de conteúdos em RA, existem alguns desafios que se impõem, por exemplo, quando as visualizações se tornam demasiado complexas, maior é a necessidade de introdução de dados por parte do utilizador, que por sua vez estão também limitados em termos de mecanismos de introdução de dados apropriados a estes contextos. Também as próprias questões relacionadas com a organização e partilha de conteúdos são também

equacionadas, sendo necessário desenvolver técnicas mais eficientes e razoáveis que permitam manter sempre a sua relação com os objetos que as determinam (Li & Duh, 2013).

De uma forma geral, ficam aqui descritas as diferentes abordagens de interação existentes neste momento para contextos de RA em dispositivos móveis. Estas abordagens são marcadas por interações que se podem realizar diretamente sobre o visor do dispositivo mas também a partir de meios mais diretos. Tendo em conta que se trata de uma área de investigação recente, denota-se uma clara escassez ao nível de investigações conduzidas mas também suportes teóricos que aprofundem e descrevam com maior detalhe as diferentes abordagens de interação, os seus contextos de utilização e avaliações empíricas. Em especial, para este trabalho de investigação, baseado na interação realizada diretamente a partir do visor dispositivo, os princípios e desafios descritos anteriormente no que diz respeito ao *design* de interação e usabilidade são também transpostos e presentes para estes contextos de RA.

2.2.2 Visualização

A visualização de informação virtual sobre o mundo real é uma propriedade fundamental das interfaces de RA. Em particular nos dispositivos móveis, este domínio assume uma posição de maior relevo devido aos constrangimentos derivados do tamanho do dispositivo (Li & Duh, 2013).

Para a conceitualização e desenvolvimento de aplicações de RA para estes dispositivos, é imperativo que se considerem os contextos de utilização bem como a sua dinâmica, mas também a validade, pertinência e objetividade da informação, exigindo um planeamento e análise meticulosa destes conteúdos (Azuma et al., 2001; Li & Duh, 2013). Li & Duh (2013) considera adicionalmente os fatores de quantidade de informação, representação, posicionamento e combinações da visualização, elementos fundamentais e que devem ser equacionados em todas as fases/processos de desenvolvimento.

Neste sentido e mais detalhadamente, o volume e densidade de informação é apontado como um dos grandes desafios à visualização, exigindo uma gestão efetiva de todos os conteúdos presentes. O excesso de informação pode provocar a ocultação de determinados elementos do mundo físico, elementos esses potencialmente relevantes para o utilizador, fazendo com que o utilizador esteja constantemente a reconhecer o ambiente e contexto que o rodeia, influenciando e afetando ao mesmo tempo o próprio processo cognitivo de compreensão e absorção de informação presente na visualização. Neste sentido, deve ser procurado e atingido um equilíbrio visual na informação disponível, tendo em conta que pouca informação ou muita informação podem também aumentar o esforço na procura e compreensão de informação. Tal como refere Gervautz & Schmalstieg "... *AR must not present an overflow of information that confuses rather than informs the user*" (2012, p. 26).

Como anteriormente referido, a própria forma como se apresenta a informação deve ser também considerada, sendo responsável pelo aumento da eficiência, rapidez e fluidez no reconhecimento e compreensão de informação. A representação de informação pode estar diretamente relacionada com os objetos do mundo real, sendo assim necessário criar ligações entre estes dois elementos que procurem reduzir o distanciamento visual e cognitivo entre ambos (Li & Duh, 2013).

Por sua vez, o posicionamento de informação é um aspeto determinante e indispensável na gestão da visualização em contexto de RA. A disposição de informação é responsável pela localização, identificação e compreensão de informação. Neste sentido, uma disposição assertiva de elementos informativos contribui para uma melhor ligação, relação e sentido para com a informação virtual mas também para com o contexto. Tal como já foi referido anteriormente no volume e densidade de informação, o posicionamento de informação pode também ocultar determinados elementos da visualização do mundo real, sendo necessário perspetivar e determinar qual o posicionamento mais correto em relação ao objeto ou em relação ao possível contexto de utilização. Também aqui é importante que a relação entre o objeto e a sua informação digital esteja ligada visualmente, quer em termos de distância quer também em termos de suportes visuais que contribuam para fortalecer essa relação, diminuindo a ambiguidade e o tempo de compreensão da informação (Li & Duh, 2013).

Já em termos de uma melhor experiência de imersão neste domínio de visualização de informação, Gervautz & Schmalstieg (2012) referem que os objetos virtuais devem ser indistinguíveis dos objetos reais existentes no contexto, requerendo técnicas de *rendering* próximas do fotorrealismo, sendo determinante ter em conta fatores como o registo, ocultação e as próprias sombras dos elementos. O registo está diretamente relacionado com a forma o objeto é posicionado na visualização, estando dependente da deteção e da calibração da câmara em relação ao ambiente captado. Por sua vez, a ocultação entre objetos virtuais e objetos reais exige um modelo geométrico dos objetos reais presentes na visualização, devendo ser a própria aplicação a determinar quais devem ser representados e quais devem ser ocultados. Por fim, as sombras são um elemento que contribui para determinar o posicionamento mas também a própria orientação do objeto em relação ao espaço, sendo recriadas a partir do princípio de *shadow mapping*. No entanto, o correto posicionamento das sombras é apenas possível se houver informação relativa às fontes de luz presentes no contexto.

Como forma de aproveitar todo o espaço disponível no visor do dispositivo, podem ser incorporadas e combinadas diferentes técnicas de visualização que têm em vista aumentar a eficiência e rapidez na procura de informação. Algumas dessas técnicas são:

- *Zooming & panning*: resulta da separação entre o foco principal e a informação contextual temporariamente, permitindo ao utilizador aceder e consultar informação que deseja de uma forma consistente. No entanto, e no caso da funcionalidade de *zoom in*, por vezes pode ser perdido o contexto a que a informação está associada;

- *Overview and detail*: resulta também da separação entre o foco principal da visualização e da informação embora de uma forma espacial, recorrendo a 2 áreas distintas na visualização. Esta técnica deve ser utilizada com alguma ponderação, uma vez que pode introduzir novos desafios cognitivos aos utilizadores pela forma como está segmentada e estruturada a visualização;

- *Focus + Context*: procura evidenciar o contexto ao mesmo que permite que os utilizadores compreendam a relação espacial entre o foco e o contexto. Este princípio resulta da combinação e fusão entre um determinado elemento (*Focus*) e o seu detalhe, descrição ou propriedades (*Context*) existindo assim uma relação e associação direta entre estas duas componentes. Geralmente o *Focus* é um elemento que está sempre presente na visualização enquanto que o *Context*, por vezes, é considerado um elemento de visualização secundário. Este tipo de princípios de visualização é útil quando os utilizadores estão constantemente a alternar entre o foco e informação contextual do elemento, estabelecendo desta forma uma relação associativa entre estes dois elementos (Li & Duh, 2013; Mulloni et al., 2010).

Por vezes, quando se trata de contextos em que existem POI's²³ (*Points of Interest*) referenciados que não se encontram no FoV dos utilizadores, existe a necessidade de informar estes acerca da existência mas também da própria posição/orientação destes. Neste sentido, em vez de delegar/oferecer estas informações de forma simples, podem ser equacionadas e combinadas algumas destas diferentes técnicas, oferecendo abordagens mais diretas e confortáveis aos utilizadores.

Ainda dentro deste domínio de visualização de informação, por vezes existem erros relacionados com a deteção e reconhecimento de objetos que se pretendem utilizar na visualização. Este é um dos problemas mais comuns em aplicações RA. Uma das formas de contornar, não o problema de deteção, mas sim o problema da não visualização, é forçar uma visualização aproximada do posicionamento, tamanho e relação da informação do objeto através de uma estimativa probabilística que procure determinar a real posição do objeto (Azuma et al., 2001).

2.2.2.1 Visualização de dados

Este conceito de visualização de dados é apresentado aqui como um subdomínio da visualização de informação. Em contexto de RA em dispositivos móveis, a visualização de dados assume-se como uma componente determinante e decisiva, sendo responsável pela maximização do poder comunicacional da informação através da representação visual de informação. Atendendo ao contexto dinâmico e imediato das visualizações de RA em dispositivos móveis, é imperativo que o utilizador consiga identificar, relacionar, analisar e compreender rapidamente a informação que lhe é apresentada, tornando assim a informação em conhecimento (Azzam, Evergreen, Germuth, & Kistler, 2013; Friedman, 2008). Isto é possível graças à capacidade humana de reconhecer padrões, tendências e relações que recorrem ao raciocínio visual, e não ao raciocínio numérico. Assim, estas

²³ Esta designação é atribuída a elementos ou objetos georeferenciados

visualizações assumem-se como formas mais rápidas e eficientes de extrair e comunicar informação (Friedman, 2008; Kaidi, 2000).

Os primeiros passos dados nesta área – visualização de dados - surgiram da cartografia e astronomia. Nos últimos anos, esta área tem vindo a ser investigada e impulsionada pelas áreas mais ligadas ao *design*, estatística aplicada, pensamento visual, tecnologia e *design* de informação. Ao mesmo tempo, as áreas da estatística computacional e gráfica, mas também da HCI, abriram os horizontes para a criação de novos paradigmas de exploração gráfica e dinâmica de informação, através de novas formas e ferramentas que até então não eram possíveis. Atualmente, esta é uma área que tem vindo a ganhar cada vez mais expressão e em diferentes domínios. Este facto pode ser explicado pela grande quantidade e volume de dados hoje existente e disponível em diferentes bases dados (públicas e privadas), mas também pela crescente disponibilização de ferramentas de visualização que permitem que os utilizadores visualizem mas também que sejam eles produtores e criadores dessas visualizações (Azzam et al., 2013; Friendly & Denis, 2001).

Segundo Kaidi (2000), um modelo de visualização de dados deve ser: 1) eficaz, no sentido em que quem visualiza deve conseguir interpretar com facilidade e rapidez a informação; 2) eficiente de forma a extinguir ou atenuar o ruído visual da visualização, utilizando para isso dados e elementos visuais essenciais para a visualização; 3) estéticos, numa perspetiva em que não ofendem ninguém; 4) e adaptáveis, devem ser capazes de se (re)adaptar a diferentes naturezas.

Geralmente, estes modelos de visualização de dados são compostos por entidades gráficas e atributos. Kaidi identifica entidades gráficas como pontos, linhas/curvas, *polylines*, *glyphs*, superfícies, objetos físicos, imagens e também textos. Já os atributos podem ser compreendidos como as cores e a densidade desta, a posição, estilo, tamanho e posicionamento relativo ou com a animação (Kaidi, 2000).

Para o desenvolvimento de modelos visuais desta natureza, deve ser tido em conta as plataformas que vão dar suporte à visualização mas acima de tudo o público-alvo a quem se destinam (Azzam et al., 2013; Fry, 2008). Para o desenvolvimento de modelos desta natureza deve-se partir sempre do princípio que a informação não contém nenhuma forma/corpo ou representação. A abstração que vai dar forma a essa informação faz apenas sentido quando se tem em conta fatores como a cognição e perceção visual do ser humano (Few, 2009). Por sua vez, deve-se ter também alguma precaução na seleção da informação, de maneira a que não hajam informações erradas ou de pouco relevo para a visualização, atenuando a possível distorção ou má compreensão da visualização (Azzam et al., 2013).

Atualmente, em dispositivos móveis, estas visualizações são geralmente acompanhadas por mecanismos próprios de interação que permitem que os utilizadores interajam mas também manipulem essa informação. Esta funcionalidade permite que os utilizadores consigam obter uma maior compreensão e entendimento da informação, ao mesmo tempo que transmite um maior

sentimento de descoberta que não é possível atingir através de visualizações estáticas. A capacitação de interação e manipulação começa a ser cada vez mais uma componente integrante e decisiva das visualizações mais recentes (Azzam et al., 2013; Dix et al., 2004).

Um dos mecanismos de manipulação da visualização é a filtragem. Esta é uma técnica de interação bastante comum, onde é permitido aos utilizadores interagirem diretamente com a visualização de uma forma mais direta e dinâmica, estabelecendo-se assim uma relação associativa entre a interação e o comportamento da visualização. A partir desta técnica é possível dividir interativamente conjuntos de dados, segmentando a atenção do utilizador para conjuntos ou representações visuais do interesse deste, enriquecendo o processo de participação do utilizador com a visualização (Rodrigues Jr, Traina, & Traina Jr, 2003).

Os desafios que se colocam hoje na visualização de dados estão relacionados com as dimensões físicas destes dispositivos mas também com o carácter ilimitado e complexo das fontes de informação que, por vezes, suportam estas visualizações. A própria variação dos diferentes tipos de dados fazem com que haja a necessidade de segmentar/estruturar em diferentes visualizações. Igualmente, existe também uma preocupação em desenvolver e assegurar visualizações que tenham em conta e, ao mesmo tempo, tirem partido de todo o potencial e capacidade da cognição e perceção humana (Few, 2009; Rodrigues Jr et al., 2003).

2.2.3 Cenários de utilização

Tendo em conta a vertente exploratória deste estudo, neste levantamento de cenários de utilização, foram selecionados diferentes suportes, tipologias e categorias aplicacionais em que se destacam: *Augmented reality browsers*, entretenimento e lazer, apoio à formação e produção, apoio e suporte à atividade médica, apoio à navegação e apoio ao turismo. No caso da formação e produção, o suporte analisado diz respeito à utilização e recurso a HMDs. A razão pela qual se decidiu analisar também estes suportes deve-se ao interesse em conhecer, sobre uma perspetiva mais profunda e abrangente, a forma como estes suportes gerem estes domínios de interação e visualização.

De seguida apresentam-se e descrevem-se as aplicações móveis analisadas durante esta fase de levantamento de cenários de utilização.

Aplicação	Categoria	Descrição	Referência
Layar	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação de RA que sobrepõe diversos módulos de diferentes categorias com vista à identificação e informação de locais. É uma aplicação baseada na geo-referenciação de elementos	Layar.com

Wikitude	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação de RA que sobrepõe diversos módulos de diferentes categorias com vista à identificação e informação de locais. É uma aplicação baseada na geo-referenciação de elementos	Wikitude.com
Junaio	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação de RA que sobrepõe diversos módulos de diferentes categorias com vista à identificação e informação de locais. É uma aplicação baseada na geo-referenciação de elementos. Pode também servir de suporte a animações de objetos/jogos em RA.	Junaio.com
Acrossair App	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação de RA que sobrepõe diversos módulos de diferentes categorias com vista à identificação e informação de locais. É uma aplicação baseada na geo-referenciação de elementos	Acrossair.com
Yelp	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação que inclui um módulo de RA que possibilita a pesquisa e o encontro de diversos POI's através de diferentes formas.	Yelp.com
Sekai Camera	<i>Augmented reality browsers</i> – <i>Social Networking</i>	É uma aplicação de georeferenciação de conteúdos e rede social que possibilita o visionamento de alguns destes conteúdos em RA	http://goo.gl/tBbO2y
Yell Labs	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação de georeferenciação de conteúdos baseados já na plataforma existente das páginas amarelas.	http://goo.gl/GbULSj
Mobeedo	<i>Augmented reality browsers</i> – Viagens e locais	É uma aplicação baseada na geo-referenciação de POI's	http://goo.gl/CghfCP
Tuskany+	Viagens e locais	É uma aplicação móvel da zona da Toscana em Itália que possibilita aos utilizadores vários pontos de interesse	http://goo.gl/fEISHc
Buuuk	Viagens e locais	É uma aplicação móvel que possibilita aos utilizadores procurar restaurantes e bares na sua proximidade bem como ter acesso a algumas promoções destes estabelecimentos	Buuuk.com

Cyclopedia	Viagens e locais	É uma aplicação de RA que sobrepõe informação georreferenciada do Wikipédia sobre o visor do dispositivo móvel	http://goo.gl/m7PAbV
Localscope	Viagens e locais	Uma aplicação que permite encontrar diversos tipos de POI's baseados na recolha de informação georreferenciada do Google, Bing, Facebook, Instagram, Youtube, Flickr, Panoramio, Foursquare, Picasa, Citysearch, Wikipedia, Wikimapia, Twitter, Yelp e Factual	http://goo.gl/XjDnuZ
Geo Travel Guide	Viagens e locais	É uma aplicação de apoio ao turismo permitindo ao utilizador planear a sua viagem a uma determinada cidade indicando os pontos de interesse que deseja visitar	http://goo.gl/Qeb01V
Wheremark	Viagens e locais	É uma aplicação de RA que permite pesquisar e visualizar diversos POI's	http://goo.gl/kqbf4V
mTrip	Viagens e locais	Aplicação de planeamento de roteiros turísticos. O utilizador introduz as datas em que vai visitar determinada cidade, o hotel onde vai ficar, e escolher um itinerário pessoal ou o que a aplicação vai sugerir baseado nas preferências que o utilizador escolhe (museus, monumentos, parques, atrações religiosas, tempo de cada visita, visitar as atrações principais)	Mtrip.com
Tripwolf	Viagens e locais	É uma aplicação de apoio ao turismo que contém informação de alguns locais mundiais que permitem ao utilizador saber alguns pontos de referência em cada cidade	http://goo.gl/W4dUKB
Whereto	Viagens e locais	É uma aplicação de apoio ao turismo (e não só) que contém informação de vários POI's	http://goo.gl/Q9Ooco
Golfscope	Entretenimento	Aplicação de RA que visa dar suporte ao jogo de Golf através da introdução de algumas informações essenciais para a prática	http://goo.gl/VShgmi
Doctor Mole	Saúde	É uma aplicação que permite diagnosticar determinados tipos de sinais na pele com vista a identificar potenciais doenças	Doctormole.com

iOnRoad	Apoio à navegação	É uma aplicação <i>mobile</i> que visa dar suporte à navegação que possui um módulo de RA	lonroad.com
Route66	Apoio à navegação	É uma aplicação <i>mobile</i> que visa dar suporte à navegação que possui um módulo de RA	http://goo.gl/cnPpOq

Tabela 4 - Cenários de utilização - Aplicações móveis

De uma forma geral, estas as aplicações móveis apresentam modelos de interação bastante simples, baseadas essencialmente em gestos de *tap*, suportando na sua maioria duas possíveis orientações (*landscape* e *portrait*). Na maior parte dos casos é necessário o acesso a uma rede de dados. O recurso a pequenas animações nas transições entre conteúdos é também bastante frequente e transversal a todas as aplicações bem como o uso de elementos iconográficos para representar conceitos e ações em espaços reduzidos. Ao nível da navegação, ainda apresentam padrões tradicionais caracterizados por menus de navegação fixos no fundo do visor, no entanto existem casos onde a navegação é feita através de menus horizontais com o gesto de *swipe*.



Figura 6 - Exemplos de aplicações móveis de RA

No caso dos designados *Augmented reality browsers*, estas aplicações são bastante semelhantes entre si, desde ao nível de conteúdos bem como de funcionalidades. Aqui destacam-

se as funcionalidades de pesquisa, ligação às redes sociais, categorias, sistema de favoritos e recurso a mapas para obter direções. Estas aplicações baseiam-se na georeferenciação de POIs sendo possível a sua visualização em forma de lista, mapa ou RA. É comum estas apresentarem espaços dedicados a cada um destes POIs, embora haja também casos onde a informação relativa ao POI é apresentada diretamente sobre o cenário de RA, através de uma área que ocupa a maioria do ecrã, havendo um ligeiro escurecimento do vídeo que está a ser captado em detrimento da informação que se está a apresentar.

Em contexto de RA, esta categoria de aplicações permite a filtragem de alguns conteúdos, libertando assim algum espaço do FoV, onde são visualizados diferentes POIs sobre diversas formas. Estas aplicações recorrem à iconografia, formas circulares e retangulares (com alguma informação textual) para identificarem os POIs, estando geralmente fixos verticalmente na visualização. A sua seleção é efetuada através do gesto *tap* sobre POIs georreferenciados nesse FoV, em que na sua maioria origina uma ação de direcionamento para uma página dedicada do POIs. Uma particularidade da aplicação Sekai Camera, é o facto do utilizador poder mover temporariamente as designadas *airtags*²⁴ através do gesto *drag*. Conceito semelhante aplicado pela aplicação *WhereTo*, que permite uma fácil organização destes sobre a forma circular, permitindo assim uma melhor acessibilidade a estes, ao contrário de os distribuir sobre o FoV.

Já as aplicações destinadas a viagens e turismo apresentam características bastante semelhantes às anteriores. Um aspeto curioso e pertinente, é o caso da aplicação *Tuscany+*. A interação em RA nesta aplicação é efetuada a partir de 4 botões sobre os 4 cantos do visor. Já a aplicação *Cyclopedia* destaca-se das demais na medida em que no contexto de RA o espaço central do visor não é ocupado pelas *airtags*. Existe no topo do visor a identificação de vários POIs em determinados ângulos em que, à medida que o utilizador varia o seu FoV, vão sendo apresentadas informações de POIs, libertando desta forma o espaço disponível no visor. De destacar que esta aplicação possui o menu de navegação sobre o lado esquerdo do visor. A aplicação *mTrip* tem uma abordagem semelhante, em que quando existe um foco num determinado POI, a informação ilustrada no cabeçalho e rodapé do dispositivo, está diretamente associada a esse POI. Também o *Local Scope* tem a particularidade de indicar ao utilizador quantos POIs existem à direita ou esquerda do FoV do utilizador num determinado momento.

Também a aplicação YELP tem uma funcionalidade bastante pertinente que possibilita, consoante a orientação do dispositivo, visualizações em contexto de RA e, ao mesmo tempo, quando o dispositivo se encontra sobre outra orientação (alinhado horizontalmente ao solo), mudar automaticamente o modelo de visualização para mapa geográfico, indicando assim ao utilizador o percurso que terá que realizar, não sendo necessário estar constantemente a elevar o dispositivo para lhe ser indicado a direção do POI. Esta dinâmica permite assim diferentes modelos de

²⁴ Elementos gráficos que identificam o posicionamento dos P.O.I.'s.

visualização consoante a orientação do dispositivo, adaptando-se de forma natural ao contexto e necessidades do utilizador

Em relação às áreas de apoio à formação e produção, apesar de já existirem alguns exemplos e protótipos funcionais que recorrem a HMDs, estes ainda se encontram numa fase muito experimental. De seguida apresentam-se as aplicações desta natureza que foram analisadas.

Aplicação	Descrição	Referência
Metaio's AR worker support	É uma aplicação de realidade aumentada que visa dar suporte e formação à produção, neste caso em particular de como realizar manutenção a uma porta de um veículo automóvel	http://goo.gl/qlbKat
BMW AR App	É uma aplicação de realidade aumentada que visa dar suporte e formação à produção, neste caso em particular de como realizar manutenção na parte do motor e os seus componentes. É uma aplicação ainda em desenvolvimento.	http://goo.gl/tAkW5x
Junaio	É uma aplicação de RA que sobrepõe diversos módulos de diferentes categorias com vista à identificação e informação de locais. É uma aplicação baseada na georeferenciação de elementos. Pode também servir de suporte a animações de objetos/jogos em RA.	Junaio.com
ARMAR	É uma aplicação de RA (ainda em desenvolvimento) que visa dar suporte à manutenção e reparação de câmaras de combustão de aviões.	http://goo.gl/bEiDCZ

Tabela 5 - Cenários de utilização - Aplicações de HMDs

Estes suportes analisados recorrem a técnicas de *tracking* baseadas em *markerless tracking*. As instruções ou informações dadas aos utilizadores seguem uma ordem sequencial (e em formato textual ou áudio) que o operador/utilizador deve seguir, sendo informado visualmente (ou por voz no caso da B.M.W.'s) à medida que vão terminando determinadas tarefas. Uma particularidade interessante é a do projeto A.R.M.A.R. (*Augmented Reality for Maintenance And Repair*) onde este informa visualmente ao operador a orientação correta dos objetos que deverá colocar, através da animação de setas de movimento que vão variando de cor consoante a aproximação à posição correta do objeto. A própria cor é utilizada em diferentes instâncias, por exemplo, o azul é utilizado para instruções, os verdes para indicar a tarefa a realizar e o vermelho para indicar a posição e orientação. É também recorrente a utilização de iconografia para a navegação bem como para a ilustração de algumas instruções a realizar.

Outro aspeto semelhante entre as aplicações analisadas, é o facto de algumas instruções situarem-se no topo da visualização. A cor associada a estas instruções refere-se a conceitos distintos de tarefas, tal como acontece na aplicação anteriormente descrita. É comum também o suporte à atividade do operador através da representação de objetos em 3D e de animações exemplificativas da tarefa a realizar. Dependendo do tipo do objeto, existem exemplos da sobreposição de objetos 3D sobre o objeto físico, realçando a área/objeto onde o operador deverá atuar.

Ao nível da interação, nos casos em que foi possível analisar, esta baseava-se em comandos de voz efetuados pelo operador e no caso do A.R.M.A.R. no término de cada tarefa é necessária a pressão num botão.

De uma forma geral, as aplicações para dispositivos móveis analisadas seguem abordagens semelhantes, procurando introduzir novas experiências de interação mas também de visualização de informação. Durante esta análise denotou-se uma análise cuidada na forma como foram estruturados os conteúdos que eram apresentados ao utilizador na visualização, no entanto, e sempre que era necessário exibir mais informação, optavam, na sua maioria, por dedicar um espaço externo ao *stream* de vídeo captado pela câmara, evidenciando desta forma o desafio que se coloca quando é necessário ilustrar bastante informação nessa área de visualização.

Estas aplicações são baseadas na georeferenciação de POIs, que ficam visíveis em determinados ângulos do FoV dos utilizadores. O *rendering* das designadas *airtags* carecem de uma maior fluidez e estabilidade no seu posicionamento.

Ao nível da interação, as aplicações analisadas ainda apresentam padrões tradicionais, baseados em gestos do tipo *tap* acabando por não tirar partido do potencial de interação gestual, que, tal referido anteriormente, propiciam e proporcionam experiências de interação mais ricas e singulares para com estes dispositivos móveis. Igualmente, observou-se que para ações de seleção de POIs em RA, a maioria das aplicações impunha que o comportamento fosse realizado através do gesto *tap* diretamente sobre o FoV onde se encontra georreferenciado esse POIs, excetuando o caso da aplicação WhereTo que dispõe de meios complementares de organização e seleção de POIs.

3 Metodologia

Este capítulo descreve a natureza, etapas, ferramentas e técnicas do processo metodológico de investigação subjacentes à concetualização, desenvolvimento e avaliação dos modelos de interação e visualização integrados no protótipo MarvIn mas também nos modelos de visualização de informação selecionados.

Contextualizando sumariamente este projeto de investigação ao nível do processo metodológico, sublinha-se novamente a sua realização em contexto empresarial na empresa PT Inovação S.A.. Esta empresa, como autora da proposta deste tema de investigação, e através de uma abordagem exploratória, procura estudar, analisar e avaliar a possível aplicação de alguns dos modelos de interação e visualização de informação em RA desenvolvidos numa possível aplicação móvel que tem como objetivo apoiar e suportar operadores de campo na gestão e manutenção de redes de telecomunicações.

Neste sentido, e como descrito mais à frente, a abordagem de investigação passou por conhecer a realidade destes dispositivos e dos modelos vigentes de interação e visualização de informação bem como de todo o suporte teórico subjacente a estas áreas de investigação como forma de fundamentar e guiar o processo de concetualização e desenvolvimento dos modelos.

Posteriormente a esta fase - concetualização e desenvolvimento dos modelos - , e tendo em vista a validação destes, foi necessário recorrer a 2 cenários de avaliação. O primeiro cenário caracteriza-se pelo recurso a um protótipo funcional que ilustra um *use case* onde se integram 2 dos modelos concetualizados. Por sua vez, o segundo cenário de avaliação procura, adicionalmente, a validação de diferentes variantes de modelos relativas a 2 dos modelos de visualização de informação concetualizados.

A razão pela qual existem 2 cenários de avaliação deve-se à limitação temporal do projeto mas também à especificidade do *use case* que não permitiu a inclusão de uma maior diversidade e variedade de modelos para serem avaliados. Assim, e devido à pertinência considerada de 2 modelos de visualização de informação, foi necessário formular e desenvolver outro cenário de avaliação que procurasse a validação das variantes suportadas por esses modelos.

Por fim, a investigação culmina com a análise e discussão dos vários dados recolhidos desses momentos de avaliação, procurando a validação dos modelos à luz do seu contexto de utilização e de avaliação.

De seguida, apresentam-se e descrevem-se mais aprofundadamente, as várias fases, etapas e princípios metodológicos que fundamentaram e guiaram todo o processo de investigação.

3.1 Caraterização da investigação

Tendo em conta o âmbito e natureza deste projeto de investigação que se propõe a concetualizar e desenvolver novas propostas de interação e visualização de informação em contexto de RA em *tablets*, a abordagem metodológica à problemática em estudo enquadra-se no que Van Der Maren designa **investigação de desenvolvimento**. De acordo com este autor, investigações desta natureza seguem “*um percurso próximo da resolução de problemas (...) começa, de forma geral, por analisar o possível objeto (que possa responder a uma necessidade identificada), concetualizar esse objeto para poder elaborar um modelo (uma representação dos elementos que o vão compor), elaborar estratégias de realização, avaliar as possibilidades de concretização, proceder à construção de uma forma provisória desse objeto (protótipo) e implementá-lo*” (Van Der Maren, 1996 apud Oliveira, 2006, pp. 179-180).

Esta tende a ser uma definição clara de todo este projeto de investigação, em que, partindo de um conjunto de princípios e necessidades vai ser desencadeado um conjunto de técnicas e metodologias que têm em vista a compreensão, análise, concetualização, desenvolvimento e avaliação de soluções que deem resposta à problemática em estudo.

Igualmente, este projeto assume uma natureza qualitativa no sentido em que se procura expor e descrever um determinado fenómeno particular, através de uma abordagem: 1) **heurística** que conduz à compreensão do fenómeno que está a ser estudado; 2) **indutiva** devido à própria natureza destes estudos; 3) e **holística** porque tem em conta a realidade na sua globalidade. Neste sentido, existe assim um maior foco e importância associada aos processos do que ao produto em si, mas também à sua compreensão e interpretação (Merriam, 1988).

Partindo destes princípios, é possível estruturar as etapas/fases gerais de análise, desenvolvimento, implementação e avaliação em três momentos específicos:



Figura 7 - Metodologia: Fases de desenvolvimento

Complementarmente, de seguida apresenta-se uma tabela descritiva dos objetivos subjacentes a cada uma destas etapas.

Análise e avaliação do problema	Conceção e desenvolvimento do modelo	Implementação e avaliação do protótipo
Definição do problema e objeto de estudo	Necessidades e requisitos inerentes ao desenvolvimento dos modelos de interação e visualização de informação	Desenvolvimento e implementação do protótipo funcional
Recolha e análise da literatura de suporte teórico	Concetualização e desenvolvimento dos modelos	Avaliação do protótipo
Recolha e análise do estado da arte	Definição do <i>use case</i>	Avaliação dos modelos de visualização de dados selecionados
	Desenvolvimento do desenho técnico, funcional e de interface	

Tabela 6 - Fases de desenvolvimento metodológico do projeto

A primeira etapa – **Análise e avaliação do problema** – resulta de uma primeira abordagem ao problema de investigação, caracterizada pela clarificação, delimitação e definição do objeto de estudo em que se procura conhecer, analisar e compreender as diversas componentes associadas à área da interação e visualização de informação em contexto de RA em dispositivos móveis.

Numa primeira fase, o estudo teve em conta a análise e caraterização dos dispositivos móveis que suportam o recurso a contextos de RA sobre uma perspetiva histórica, técnica e aplicacional, procurando conhecer e compreender melhor estes equipamentos e as suas aplicações. Ainda nesta linha de estudo, houve também a preocupação de conhecer melhor as componentes associadas à área de investigação da HCI afetas a estes equipamentos, centradas essencialmente nas questões relacionadas com o UX procurando ao mesmo tempo aprofundar os temas relacionados com o objeto de estudo: interação e visualização de informação. Esta abordagem teve como objetivo compreender melhor os princípios e fundamentos teóricos de cada uma dessas naturezas, constituindo também a ponte de ligação para a próxima fase, focada primordialmente na

problemática em estudo. Esta fase, tem como objetivo recolher e analisar todos os princípios, fundamentos e suportes teóricos inerentes às componentes de interação e visualização de informação em contexto de RA em dispositivos móveis, mais especificamente *tablets*. Através desta fase, foi possível estudar como estas diferentes naturezas se conjugam entre si, construindo-se assim princípios, regras e guias que vão suportar a concetualização e desenvolvimento dos modelos, caracterizando ao mesmo tempo a problemática e descrevendo as necessidades, requisitos e desafios atuais desta área de investigação.

Como forma de conhecer o panorama atual no que diz respeito aos modelos vigentes de interação e visualização utilizados em contexto de RA em dispositivos móveis, foi também desenvolvido um estudo sobre o estado da arte, como forma de conhecer as suas naturezas aplicacionais, mas acima de tudo quais as abordagens e modelos de interação e visualização de informação subjacentes a cada uma das aplicações analisadas. Esta análise do estado da arte permitiu analisar de que forma é que os modelos aplicados respondem a um conjunto de desafios, necessidades e requisitos procurando também encontrar determinados padrões entre os vários modelos analisados. Este levantamento incidiu sobre aplicações dos SO Android e iOS.

A segunda etapa – **Conceção e desenvolvimento do modelo** – caracteriza-se pela concetualização e desenvolvimento dos modelos de interação e visualização mas também pela definição do *use case*. Numa primeira fase, e depois da recolha de dados efetuada anteriormente, foram levantados, analisados e descritos os atuais requisitos e princípios. A partir de uma sistematização e estruturação destes dados, mas também da fundamentação teórica de suporte recolhida, foram concetualizados e desenvolvidos os modelos de interação e visualização de informação.

De seguida, juntamente com a equipa de especialistas de PT Inovação S.A., foi formulado e definido um *use case*, que como refere Cockburn (2001) tem como objetivo descrever o comportamento do sistema sobre um conjunto de condições e de *inputs* realizados pelos utilizadores. Este *use case* foi baseado num cenário real de gestão de bastidores em que se pretende dar suporte a um operador de campo na área da manutenção de redes de telecomunicações. Através deste *use case* fica assim assegurado a existência de um cenário hipotético de uso que vai permitir a seleção, integração e avaliação dos modelos selecionados.

No entanto, atendendo à especificidade do *use case*, foi apenas possível selecionar 2 modelos, um de interação e outro de visualização de informação, sendo necessária uma reformulação e readaptação destes como forma de garantir e assegurar que vão ao encontro do seu contexto de utilização (Li & Duh, 2013). Ao não ser possível a inclusão de uma maior variedade e diversidade ao nível dos modelos que vão ser avaliados, aliada à especificidade, limitação temporal e contexto do *use case* mas também à própria pertinência de investigação de 2 modelos particulares de visualização de informação, optou-se pela inclusão de algumas variantes destes

modelos na fase de Implementação e avaliação do protótipo, assegurando desta forma a sua avaliação.

Após o detalhe e descrição do *use case*, em que se procurou compreender e conhecer melhor os equipamentos, sistemas de gestão e tarefas a realizar pelos operadores, deu-se início ao desenho funcional, técnico, de conteúdo e gráfico que viriam a guiar e suportar a implementação do protótipo mas também dos modelos de visualização selecionados para avaliação.

A terceira e última etapa – **Implementação e avaliação do protótipo** – compreendeu a fase de implementação e avaliação do protótipo bem como dos modelos de visualização de informação selecionados.

Em relação à fase de desenvolvimento e implementação, o protótipo foi desenvolvido com base em tecnologias web: HTML5, CSS3 e Javascript. Já em relação aos modelos de visualização de dados selecionados, estes são suportados através de uma imagem estática baseada na identidade gráfica mas também nos modelos integrados no protótipo. Por sua vez, e como já referido, a fase de avaliação compreendeu 2 componentes distintas, o protótipo e as variantes dos modelos de visualização de informação selecionados. Para ambos os momentos de avaliação foi utilizado o dispositivo *tablet* Nexus 7, de 7 polegadas e com o SO Android 4.3, *browser* Dolphin e ligação Wi-fi à Internet.

Tendo em vista o suporte, planeamento e execução das tarefas subjacentes a esta fase avaliação foi criado um documento (**Anexo VI** - *Checklist* de planeamento de avaliação) de apoio que tem em vista:

- Assegurar uma correta contextualização do projeto e dos seus objetivos aos participantes;
- Garantir a disponibilidade dos participantes em função calendarização estabelecida;
- Certificar que todos os equipamentos e materiais de apoio à condução da avaliação se encontram funcionais, presentes e devidamente posicionados nos locais de avaliação;
- Assegurar que os locais de realização dos testes se encontram disponíveis e com as condições necessárias, especialmente no caso da avaliação dos modelos de visualização de informação, em que se pretendia que a sua realização fosse efetuada num local calmo e com pouco ruído sonoro;
- Posicionar corretamente e confortavelmente os participantes em relação aos equipamentos de telecomunicações mas também em relação ao dispositivo de registo de vídeo e áudio no caso da avaliação do protótipo;
- Garantir que o registo de vídeo e áudio é realizado com sucesso;

Ainda numa fase inicial e antes de se proceder à avaliação dos modelos, considerou-se também pertinente o recurso a um questionário pré-teste (**Anexo I** - Questionário de caracterização dos participantes) como forma de caracterizar e conhecer melhor os participantes e a sua relação

com tecnologias e dispositivos móveis. Estes participantes estão divididos em 2 grupos, grupo de especialistas e grupo de técnicos, tendo estes participado em ambos os momentos de avaliação. Esta descrição e caracterização dos participantes é referida e descrita mais à frente.

Em relação à avaliação do protótipo, esta realizou-se numa sala de bastidores de redes de telecomunicações onde se procurou recriar o ambiente e contexto de utilização definido no *use case*. Para esta etapa de avaliação recorreu-se a um guião de tarefas, ancorado na metodologia *cognitive walkthrough* e um guião de questões, ancorado na metodologia *contextual inquiry* (ambos podem ser consultados no **Anexo II** - MarvIn: Guião de avaliação e no **Anexo III** - MarvIn: Guião de tarefas – participantes). Adicionalmente, e como forma de garantir e assegurar a qualidade e validade desta recolha de dados, recorreu-se ao registo em vídeo deste momento de avaliação para posterior análise.

Já em relação à avaliação dos 2 modelos de visualização selecionados, foram tidas em conta nesta avaliação 4 variações, 1 do modelo de *dynamic bars* e 3 do modelo de *Formas numéricas dinâmicas*. Para a avaliação destes modelos e suas variantes foi concebido um guião de questões (**Anexo V** - Modelos de visualização de dados: guião de questões – participantes), também este ancorado na metodologia *contextual inquiry*, que de uma forma geral, procura analisar a compreender os conteúdos e informações subjacentes a cada um destes modelos por parte dos participantes, sendo também registado os seus comportamentos e ações.

Por fim, procedeu-se à análise e avaliação deste conjunto de dados recolhidos de onde derivam as conclusões e contributos deste trabalho de investigação.

3.2 Participantes

Os participantes intervenientes neste projeto de investigação estão estruturados em 2 grupos:

1) Equipa de técnicos especialistas; 2) Equipa de técnicos.

Todos estes participantes pertencem ao grupo PT Inovação S.A., e estiveram envolvidos em diferentes fases e etapas do projeto com naturezas e propósitos de investigação diversos. A equipa de técnicos especialistas, é composta por 4 pessoas que foram selecionadas com base no seu interesse mas também na sua relação estratégica e organizacional com o projeto, e é caracterizada por:

- ter uma posição mais próxima e mais ativa ao longo de todo o projeto;
- acompanhar com regularidade todas as tarefas e etapas;
- apoiar todas as necessidades e/ou requisitos nomeadamente no apoio ao fornecimento de materiais, organização de reuniões, entre outras;

- participar na fase de avaliação do protótipo e dos modelos de visualização de dados selecionados;
- assumir uma posição de relevo, no sentido em que, como trabalham ou colaboram em áreas de investigação emergentes ligadas a diferentes tecnologias, acabam por ter um papel mais decisivo e construtivo ao longo do desenvolvimento do projeto;

Por sua vez, a equipa de técnicos é composta por 5 elementos e foi selecionada com base na técnica de amostragem por conveniência, em que os critérios de vontade mas, acima de tudo, de disponibilidade, foram determinantes para esta seleção. Estes participantes são responsáveis pela gestão e manutenção de equipamentos de rede, assumindo-se igualmente como potenciais utilizadores de uma aplicação móvel, eventualmente baseada nos modelos aqui concetualizados e desenvolvidos.

Apesar da participação destes agentes no projeto se circunscrever à avaliação do protótipo e dos modelos de visualização selecionados, o valor que estes acrescentam a esta fase é determinante no sentido de verificar se os modelos avaliados respondem às suas necessidades profissionais, tendo mais uma vez em conta que estes são um possível público-alvo.

Em suma, e em termos de validação da amostra, representada através de 9 participantes, Nielsen (2009b) refere que é possível, através de uma amostra composta por 5 utilizadores, realizar uma avaliação credível, desde que estes utilizadores se insiram no contexto da aplicação. Neste sentido, e atendendo ao número de participantes representados, garante-se desta forma uma maior segurança quanto à validade científica que esta amostra representa.

3.3 Métodos e técnicas de recolha de dados

Ao longo deste projeto de investigação foram utilizados diferentes métodos e técnicas de recolha de dados de forma a analisar, estruturar e avaliar diferentes componentes. Tendo em conta a abordagem metodológica anteriormente referida, a maioria dos métodos e técnicas de recolha de dados refletiram-se sobretudo na última fase - avaliação do protótipo e dos modelos de visualização de informação selecionados.

Neste sentido, de seguida descreve-se o conjunto de métodos e técnicas de recolha de dados utilizados.

3.3.1 Pesquisa documental

Através do recurso à pesquisa documental foi possível identificar e analisar a investigação que tem vindo a ser desenvolvida nesta área, sendo um ponto de partida para o desenvolvimento do projeto. Na utilização desta ferramenta é imperativo que haja uma seleção assertiva de todos os

suportes e conteúdos científicos de forma que estes incidam apenas na problemática de investigação, evitando desta forma perdas de tempo e energia.

A importância desta ferramenta no processo de investigação é descrita por Carmo & Ferreira, como "... um ato de gestão de informação indispensável a quem queira introduzir algum valor acrescentado à produção científica existente sem correr o risco de estudar o que já está estudado tomando como original o que já outros descobriram." (Carmo & Ferreira, 1998, p. 59).

Para a realização desta pesquisa documental foram consultados diversos suportes e conteúdos científicos, nomeadamente livros, revistas e publicações científicas, outros trabalhos de investigação disponíveis em bibliotecas e arquivos públicos mas também sítios *web* de referência nesta área de investigação.

3.3.2 Inquérito pré-teste

A utilização do inquérito pré-teste, que pode ser consultado no **Anexo I** - Questionário de caracterização dos participantes, permitiu recolher dados relativos ao perfil biográfico mas também à relação dos participantes com tecnologias móveis, estando desta forma estruturado em 2 partes. O perfil biográfico tinha o objetivo de caracterizar os participantes segundo a sua idade, género e habilitações literárias. Por sua vez, a caracterização dos participantes e a sua relação com a tecnologia procura determinar: 1) a efetiva utilização de dispositivos móveis *touch*; 2) a interação com dispositivos *tablet*; 3) e a frequência de utilização de *tablets*.

Através destes dados foi possível realizar diversas análises e cruzamento de dados que vão integrar e determinar as conclusões deste estudo.

3.3.3 *Cognitive walkthrough*

Esta abordagem metodológica, tendo como base um guião de tarefas, procura detalhar e analisar com precisão e especificidade determinados comportamentos e ações dos participantes na utilização de um sistema ou aplicação.

Partindo do princípio que para a realização de uma determinada tarefa é necessário desencadear uma ação física mas também cognitiva, o investigador deve previamente detalhar com exatidão as tarefas que pretende que sejam avaliadas tendo em conta a satisfação de um determinado objetivo do sistema ou aplicação. Ao introduzir e confrontar os utilizadores com estas tarefas, vai ser possível analisar e avaliar as suas reações e comportamentos procurando identificar eventuais situações de impasse, erros, entre outras que possam evidenciar eventuais falhas do sistema ou aplicação (Hom, 1998).

Assim, prevendo o cenário de utilização descrito no *use case*, foi desenvolvido um guião (**Anexo III** - MarvIn: Guião de tarefas – participantes) que solicita a realização de um conjunto de

tarefas que visam a experimentação e interação com o protótipo, resultando desta análise um conjunto de dados que vão permitir avaliar os modelos integrados neste.

3.3.4 *Contextual inquiry*

O *contextual inquiry* centra-se mais na descoberta e exploração do processo metodológico no seu todo e não tanto na sua avaliação, envolvendo o investigador na esfera de atuação do utilizador. Esta metodologia é baseada em 3 princípios (Hom, 1998):

- Compreensão do **contexto** em que o sistema ou aplicação é utilizada;
- Considera o utilizador como um **parceiro** no desenvolvimento da solução do sistema ou aplicação;
- Determina a existência de um **foco** nos métodos e técnicas de avaliação baseadas nesta metodologia mas também na metodologia de testes de usabilidade;

No caso do protótipo, esta metodologia foi utilizada paralelamente e complementarmente à metodologia *Cognitive Walkthrough*, sendo que o guião desenvolvido para esta análise (**Anexo II - MarvinI: Guião de avaliação**) é composto por ambas as metodologias: Guião de tarefas (*Cognitive Walkthrough*) e questões (*Contextual Inquiry*). Através desta metodologia pretende-se introduzir ou esclarecer questões dos utilizadores de forma contextual. Estas questões foram introduzidas à medida que o utilizador ia experimentando, interagindo ou realizando determinadas tarefas.

Já no caso da avaliação dos modelos de visualização de informação, este método foi utilizado isoladamente (**Anexo V - Modelos de visualização de dados: guião de questões – participantes**), tendo sido colocado um conjunto de questões para aferir a compreensão dos modelos por parte dos utilizadores.

3.3.5 Registo vídeo

O recurso adicional e complementar do registo de vídeo, utilizada na avaliação do protótipo, teve como objetivo registar os comportamentos e interações dos participantes que tenham passado despercebidas ao investigador. Desta forma foi possível obter informações adicionais dos vários comportamentos, ações, indecisões ou dificuldades sentidas durante a realização do teste (T. Tullis & B. Albert, 2008).

3.4 Tratamento e análise de dados

Tendo em conta os métodos e técnicas de recolha de dados utilizados, o tratamento e análise de dados efetuada tem uma natureza combinada de dados qualitativos e dados quantitativos.

Em relação aos dados qualitativos recolhidos, estes são provenientes dos 2 momentos de avaliação. Em ambos os momentos, a análise de dados foi efetuada tendo em conta o registo e

observação dos participantes. No caso da avaliação dos modelos de visualização de dados, descreveu-se e analisou-se o comportamento e ações dos participantes por tarefa, tendo sido realizada subsequentemente uma análise geral de todos os comportamentos e ações de todos os participantes. Os resultados desta análise podem ser consultados no **Anexo digital XI – Resultados de avaliação dos modelos de visualização de dados**. Já em relação aos dados qualitativos relativos à avaliação do protótipo, recorreu-se adicionalmente ao registo de vídeo como meio complementar de análise. Também neste caso, o tratamento e análise de dados incidu, igualmente, sobre os comportamentos e ações dos participantes ao longo desta fase de avaliação, procurando descrever e analisar aspetos como: a forma de segurar o dispositivo; como era realizada a interação; dificuldades sentidas; problemas encontrados, entre outros aspetos. Para esta análise foi criado o **Anexo digital IX – Resultados de avaliação: MarvIn**, que descreve e analisa todos estes elementos por participante, por tarefa e por questão, tendo sido efetuada adicionalmente uma análise geral por participante que contempla, descreve e analisa: o comportamento de interação adotado; modelo(s) de visualização recorrido(s); e observações gerais. Semelhante à análise efetuada aos modelos de visualização de informação, também aqui foi efetuada uma descrição e análise geral por tarefa e questão de todos os participantes.

Neste sentido, e de uma forma geral, estes dados qualitativos foram assim analisados recorrendo a uma descrição pormenorizada de todas as ações, comportamentos, respostas e tarefas tendo sido posteriormente analisadas sobre uma perspetiva mais geral pelo conjunto de utilizadores e também por tarefas e questões.

Já em relação aos dados quantitativos, este referem-se também aos 2 momentos de avaliação, tendo sido recolhidos através dos métodos de *Cognitive Walkthrough*, *Contextual Inquiry* e do inquérito pré-teste. Para esta análise estatística de dados foi utilizado o *software* SPSS e Microsoft Excel. Neste caso foi possível aplicar um conjunto diversificado de técnicas de análise e cruzamento de dados que permitiram extrapolar determinadas conclusões e inferências estatísticas sobre os dados recolhidos. Em ambos os momentos de avaliação, e numa fase inicial, a análise de dados incidu sobre a aferição das taxas, tempos e percentagens de conclusão de tarefas (apenas no caso do protótipo) mas também das próprias respostas às questões. Após esta análise considerou-se pertinente procurar relações existentes entre os vários resultados obtidos através do cruzamento de diferentes variáveis mas também através da criação e segmentação da amostra por grupos. O documento referente a esta análise pode ser consultado no **Anexo digital X – Análise global dos resultados de avaliação**.

Através da combinação de ambas as naturezas de análise de dados foi possível obter um grande conjunto de dados e informações pertinentes de onde derivam as principais conclusões desta investigação.

4 Modelos de interação e visualização de informação em contexto de realidade aumentada em *tablets*: concetualização e implementação do protótipo

Este capítulo compreende e descreve todo o trabalho realizado ao nível da concetualização e desenvolvimento dos modelos de interação e visualização de informação. Inicialmente são tecidas algumas considerações mais gerais referentes a determinadas decisões e opções tomadas nesta fase de investigação. Após este ponto de partida segue-se a apresentação e descrição dos modelos desenvolvidos, estruturada pelos domínios causa. Em cada um destes domínios é descrito inicialmente os princípios e considerações particulares que estiveram na base do processo de concetualização e desenvolvimento dos modelos.

Subsequentemente a esta apresentação e descrição, segue-se a descrição e definição do *use case* onde vão ser integrados alguns dos modelos selecionados e, por fim, descrevem-se os processos e metodologias de desenvolvimento adotadas para a fase de implementação do protótipo.

4.1 Princípios de concetualização

Para o processo de concetualização dos modelos de interação e visualização de informação apresentados, foi definido um conjunto de linhas orientadoras e princípios, com base nos quais os modelos foram desenvolvidos.

Assim, e no que respeita aos modos possíveis de interação, a decisão passou pela concetualização de modelos baseados apenas na interação realizada a partir do visor do dispositivo, não sendo, desta forma, equacionadas outras naturezas de interação, como é o caso da interação direta, descrita por LI & Duh (2013). Relacionado com esta natureza de interação (aprofundada mais à frente), está também a própria orientação de suporte do dispositivo. Neste caso, apenas foram equacionados e concetualizados modelos baseados na orientação horizontal (*landscape*) do dispositivo. Esta decisão é baseada no estudo conduzido por Mora, Boron, & Divitini (2012) que encontram nesta orientação, e por conseguinte no suporte do dispositivo, uma forma mais natural e cómoda de se proceder à interação e visualização, indo igualmente de encontro às posições de suporte mais frequentes identificadas por Wroblewski (2012), que estabelece esta orientação e suporte como um meio mais flexível de interação e visualização em ambientes que requerem alguma dinâmica de movimento por parte dos utilizadores, como é o caso de RA.

Já do ponto de vista mais técnico da tecnologia de RA, assume-se que os processos e componentes de deteção e reconhecimento de elementos físicos ou a determinação angular do FoV dos POIs já foram determinadas ou efetuadas.

O processo de concetualização dos modelos, para além de considerar os princípios teóricos descritos anteriormente - 2.2 *Realidade aumentada em dispositivos móveis: interação e*

visualização de informação -, onde se destacam o controlo e dinâmica, consistência e informação, espaço no visor, atenção e cognição humana, compreende também aspetos relativos a contextos gerais de utilização (interior e exterior), bem como a própria postura e suporte que o utilizador faz do dispositivo e como o aplica em cenários de RA.

Atendendo à natureza exploratória da investigação, caracterizada pela forte componente criativa, nesta fase de concetualização surgiram alguns modelos inesperados que não se inseriam nos requisitos inicialmente identificados. Apesar desse facto, e atendendo ao carácter inovador patente nessas propostas, considerou-se pertinente para a investigação integrá-los, sendo desta forma descritos e devidamente fundamentados. Deve também ser referido que, devido à natureza indissociável entre os dois domínios em estudo – interação e visualização de informação -, existem modelos que resultam de uma abordagem conjunta aos princípios específicos de cada domínio.

4.2 Modelos de interação

As propostas de interação que se apresentam nesta secção, e de uma forma geral, procuram introduzir novas abordagens às componentes de navegação entre menus, conteúdos, grandezas, sistemas de filtragem, mas também abordagens baseadas em metáforas mais naturais e imediatas de interação.

Do ponto de vista da mecânica do suporte do dispositivo por parte dos utilizadores, e tendo em conta a influência que tem nos meios e formas de interação, foram consideradas zonas específicas de interação para alguns dos modelos concetualizados. Esta abordagem deve-se, para além dos fatores referidos no capítulo de *design* de interação, aos resultados do estudo levado a cabo por Mora, Boron & Divitini (2012) que evidenciam e demonstram zonas ergonomicamente mais favoráveis e confortáveis de interação, tal como demonstrado anteriormente.

A posição de suporte ao dispositivo em RA, designada por estes autores de "two-hands grip", determina que a interação mais natural é realizada através dos polegares dos utilizadores, limitando desta forma às áreas de interação que se situam desta forma nas extremidades do dispositivo. Estes princípios de interação vão contra o que foi verificado nos cenários de utilização, onde se constatou que a interação sobre os POIs é realizada, na sua maioria, diretamente a partir da sua posição no visor, sendo assim definidas e utilizadas diferentes áreas de interação, baseadas na posição do POIs no FoV.

Neste sentido, foram concetualizadas algumas propostas de interação que procuraram tirar partido destas zonas específicas de interação, através de mecanismos e componentes específicas de navegação e seleção de POIs. Através desta abordagem foi possível também manter uma maior consistência e coerência no que respeita à definição e delimitação das zonas de interação afetas aos POIs mas também de outras componentes de interação.

Tal como foi referido anteriormente, as funcionalidades de *zoom* e filtragem têm um carácter muito importante nesta natureza de aplicações, pelo que foram também consideradas algumas

conceitualizações que, de certa forma, proporcionassem o acesso e manipulação a estas funcionalidades de uma forma mais direta e natural. Algumas destas, e outras abordagens conceituais, tiveram em conta o recurso aos 6DoF possível neste contexto, tirando partido deste mecanismo de interação mas também de visualização (no que respeita à distância entre o dispositivo e a informação digital ancorada e determinada por algum objeto ou elemento do mundo real).

Assim, e de uma forma geral, as propostas conceitualizadas procuram: 1) proporcionar o acesso a conteúdos e funcionalidades, nomeadamente, menus de navegação, conteúdos, navegação e seleção de POI's mas também navegação entre grandezas; 2) manter a consistência de interação no que se refere à navegação e seleção de POI's; 3) assegurar que determinados elementos na visualização possam ser automaticamente filtrados/selecionados, mediante ações específicas do utilizador; 4) mas também desenvolver experiências digitais de forma metafórica com experiências físicas, tirando partido das potencialidades sensoriais dos dispositivos móveis, nomeadamente *tablets*, que Clark (2012, p.289) evidencia: “*Done right, touch interfaces create the sensation of interacting directly with information, of nudging and manipulating data as if it had actual physical properties.*”.

Refere-se, por fim, que não foram conceitualizados modelos que procurassem responder a desafios de interação relacionados com colaboração e criação de conteúdos.

4.2.1 Navegação por laterais



Figura 8 - Navegação por laterais: 4 gestos possíveis



Figura 9 - Navegação por laterais: navegação *drag up*

Este modelo propõe que cada gesto de *drag* direcional (cima, baixo, esquerda e direita) represente uma determinada ação sobre um menu ou área oculta, fazendo com que esses elementos se desloquem para a área de visualização do dispositivo. De referir que a direção de deslocação do elemento para a área de visualização é baseada no gesto de interação, por exemplo, se o gesto for *drag down*, o elemento irá ser revelado de cima para baixo. Deve ser salientado que este modelo, e em termos de visualização, proporciona uma melhor otimização do espaço

disponível no visor, onde a visualização de determinados conteúdos/informações é apenas determinada e desencadeada por uma ação prévia e consciente do utilizador.

4.2.2 Navegação circular

Tirando partido do suporte “two-hands grip” e das posições e áreas de interação dos polegares sobre o visor, existe um movimento de rotação semicircular favorável a uma interação mais rápida, fácil e natural (Mora et al., 2012). Neste sentido, este modelo dispõe de vários elementos visuais (alinhados numa linha imaginária circular), onde se encontram apenas visíveis os elementos que se encontram dentro de ângulo circular de 180°. A interação a partir do gesto de *drag* circular sobre um destes elementos (quer através do movimento dos ponteiros do relógio ou o movimento contrário), vai revelar/exibir os restantes elementos, até aí ocultos na visualização.

Dentro deste modelo foram ainda desenvolvidas duas componentes de interação, baseadas no conceito de atração de pontos de interesse. A primeira (**Figura 10**) posiciona um elemento no meio do contorno circular, permitindo que o utilizador o arraste para próximo da opção que deseja: à medida que o faz, as opções do contorno circular mais distantes do raio para qual o elemento se vai movimentando afastam-se cada vez mais da opção pretendida. A ação é desencadeada assim que existir sobreposição entre o elemento arrastado e a opção-alvo.



Figura 10 - Navegação circular: atração de elementos 1



Figura 11 - Navegação circular: atração de elementos 2

A segunda componente (**Figura 11**), por sua vez, é relativamente semelhante, muito embora, neste caso, o utilizador arraste a opção do contorno circular para cima do objeto posicionado no centro desse contorno. Esta componente também permite uma agregação de diversas opções existentes nessa forma circular.

Uma das vantagens deste modelo, é o facto de poder ser aplicado a ambas as extremidades do dispositivo tirando assim partido de ambos os polegares. No entanto, uma das limitações, é o número limitado de opções possíveis que podem ser visualizadas nessa linha circular imaginária.

4.2.3 Navegação por coordenadas

Esta proposta recorre a uma representação visual de uma malha de pontos, dispostos sobre uma matriz 3x3, partindo-se do princípio que, através da interligação destes pontos, é possível

aceder a um conjunto distinto de funcionalidades. A interligação de pontos é realizada através do gesto de *drag* entre esses pontos, sendo possível visualizar, no centro do visor, a opção selecionada (através de *feedbacks* visuais ou textuais a ela associados), ilustrando-se, em simultâneo, as restantes opções ao alcance do utilizador.



Figura 12 - Navegação por coordenadas

Desta forma, o modelo pressupõe a existência de 2 áreas distintas: uma correspondente à navegação entre pontos na matriz e outra alinhada ao centro, exibindo a opção selecionada e as opções possíveis. A opção/ação é efetivada assim que o utilizador terminar o movimento de *drag*, isto é, quando levanta o dedo que originou a interação sobre a matriz.

Este modelo tem a particularidade de, no mesmo espaço (a matriz), representar um conjunto limitado de opções, procurando otimizar a gestão do espaço de interação. Ao mesmo tempo, e do ponto de vista da visualização, esta matriz de pontos minimiza a possível ocultação de elementos presentes na visualização, gerindo a presença e indicação dos conteúdos associados à matriz (e seus pontos/funcionalidades) apenas quando existe uma interação efetiva com a mesma.

4.2.4 Navegação em cubo



Figura 13 - Navegação em cubo

A forma geométrica de um cubo apresenta 6 faces. Aliado ao modelo de navegação por coordenadas, no que toca à representação de uma matriz de 3x3, é possível representar 9 opções diferentes em cada face, possibilitando assim 54 opções na totalidade das faces do cubo. A rotação

do cubo é efetuada a partir de gestos de *drag* horizontais e verticais. Um aspeto a destacar é também o fato de, a partir de um objeto com dimensões bem definidas, ser possível aceder a um grande conjunto de opções, sem que para isso seja necessária a ocupação de mais espaço no visor.

4.2.5 Navegação por atalhos geométricos

Este modelo explora 3 formas geométricas e 2 formas compostas, representando gestos responsáveis por invocar/acionar determinadas ações.



Figura 14 - Navegação através de formas geométricas

O facto de assentar num número reduzido de representações poderá facilitar a identificação e o reconhecimento e possivelmente potenciar um uso mais fácil. A utilização de outras formas, como é o caso de duas retas a intercetarem-se na perpendicular, é um exemplo de uma simbologia para, por exemplo, cancelar determinada ação.

4.2.6 Navegação circular vertical e expansão de conteúdos

Esta proposta surge da analogia funcional com alguns dispositivos mecânicos (por exemplo os botões circulares de posicionamento), em que consoante a orientação vertical neste caso, existe uma correspondência de uma ação/seleção.



Figura 15 - Navegação circular e expansão de conteúdos

No objeto que vemos na **Figura 15**, o acionamento de opções é realizado através do gesto *drag* vertical sobre o elemento, que vai mostrando as opções possíveis (assinalado a verde na figura). A ativação dessa ação faz-se pelo clique diretamente sobre o elemento, que vai expandir-se horizontalmente, tornando visíveis os conteúdos a si associados. Para ocultar novamente esta área basta clicar sobre ela ou sobre o elemento que a acionou. Este modelo aproxima e relaciona mais diretamente os princípios referentes ao *Focus + Context*, combinando o foco (que neste caso

são as várias opções disponíveis) com a sua contextualização dentro do mesmo espaço de visualização, criando desta forma uma relação mais forte e imediata entre a ação e a sua própria descrição ou detalhe num determinado contexto (Li & Duh, 2013; Mulloni et al., 2010).

4.2.7 Navegação composta sobre o objeto real e ações

Este modelo apresenta uma composição e natureza mais rica e abrangente, mas também mais complexa, do que os modelos anteriores. Este modelo integra princípios de alguns modelos já referidos, compreendendo também desafios de natureza aplicacional em contexto de RA: navegação entre POIs, seleção de elementos e acesso a um conjunto de opções/funcionalidades. O modelo propõe e pressupõe que toda a área do visor do dispositivo é um controlador de todo o sistema/aplicação, invisível e disponível em qualquer parte do ecrã, independentemente da preferência e hábito manual de interação. Este controlador é baseado numa matriz de pontos invisíveis no visor, tal como ilustra a figura **Figura 16**.



Figura 16 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: matriz de pontos de navegação

Os pontos são sistemas/coordenadas de navegação ou controlo que permitem através da sua interligação a navegação entre POI's, mas também controlar toda a mecânica funcional da aplicação/sistema.

Do ponto de vista da navegação entre POI's existentes no FoV, a matriz de pontos surge com o contato num determinado espaço no visor, ativando a matriz possível, consoante as possibilidades de navegação entre POIs. Isto significa que, caso existam apenas 4 objetos/POIs identificados, a matriz será apenas de 4 pontos. Da mesma forma, caso sejam 20 objetos/POIs, apenas 9 pontos serão inicialmente mostrados ao utilizador, revelando-se mais pontos à medida que este for navegando na matriz, sendo identificado visualmente neste processo, o objeto/POIs selecionado na navegação.

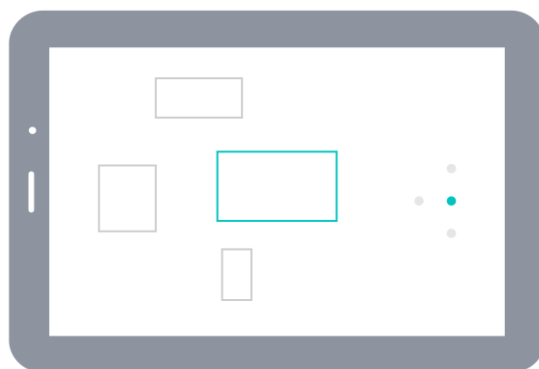


Figura 17 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: navegação e seleção de objetos

Pertinente para este modelo é o modo como se seleciona determinado objeto e o modo como se cancela uma seleção ou se retrocede de determinadas áreas. Assim, propõe-se que ações de seleção sejam feitas diagonalmente, da esquerda-cima para a direita-baixo, ou por duplo clique no visor, e que ações de cancelamento ou retrocesso sejam feitas também diagonalmente entre pontos, mas agora da direita-cima para esquerda-baixo ou através do gesto de *long-press*. Os movimentos/gestos diagonais são opostos, determinando ações opostas, a partir da interligação de 2 pontos/coordenadas.

Como forma de enriquecer e complementar esta proposta, foi desenvolvida uma componente que integra ações/funcionalidades associadas aos objetos/POIs. Assim, quando determinado elemento está selecionado na visualização e o utilizador ainda tem o seu dedo sobre o visor ou sobre o controlador de navegação, e caso coloque outro dedo no lado oposto do visor (como se fosse uma ação de *shift*), deverá surgir a representação de um conjunto de opções/funcionalidades associadas ao objeto, pelo qual o utilizador pode navegar e que pode selecionar a partir dos gestos de seleção já referidos, como se exemplifica na **Figura 18**. É importante que este conjunto de ações/funcionalidades seja ilustrado no centro do visor, permitindo assim zonas claras e definidas de interação e de visualização.

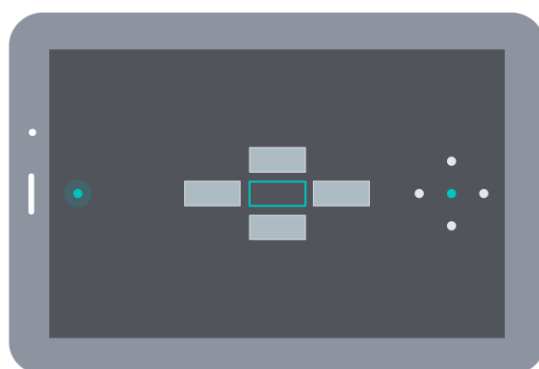


Figura 18 - Navegação composta sobre o objeto real e ações: componente de ações/funcionalidades

Propõe-se, assim, uma forma indireta de navegação e controlo sobre os objetos na visualização e sobre as suas ações, existindo uma clara dissociação entre os meios de navegação e controlo, e o que é realmente importante do ponto de vista da visualização e da interação sobre os objetos reais reconhecidos, existindo um foco primordial sobre o que se está a visualizar e a controlar. Um dos grandes objetivos deste modelo é permitir que o utilizador se “desligue” visualmente dos controladores de interação e se foque essencialmente na visualização e nas ações sobre os objetos.

4.2.8 Navegação adaptativa entre objetos

Esta proposta é baseada numa mecânica mais livre, direta e natural de seleção e navegação entre POI's. Este modelo baseia-se na proximidade entre o dispositivo e o objeto/POIs (caso este seja um objeto ou um POIs georreferenciado) como mecanismo de seleção e navegação, sendo a seleção determinada pela proximidade/dimensão do objeto/POIs no FoV. A liberdade e flexibilidade proporcionada através deste modelo, permite que os utilizadores naveguem através do próprio dispositivo, procurando transmitir, tal como LI & Duh (2013) refere, um maior sentimento de descoberta e exploração do contexto e ambiente onde se encontram.

4.2.9 Navegação entre grandezas – *dynamic data timeline*

Este modelo parte do princípio da existência de um eixo temporal (*timeline*), definido em intervalos de tempo específicos, em que cada intervalo possui um conjunto de dados quantitativos acerca de determinados indicadores.



Figura 19 - Navegação entre grandezas: *dynamic data timeline*

Desta forma, o que o modelo proposto vem acrescentar é a possibilidade de visualizar mais informação na(s) unidade(s) pretendida(s) pelo utilizador, ao mesmo tempo que preserva e salvaguarda algum espaço no visor. A interação é realizada através do gesto de *drag* sobre unidades na *timeline*, cuja visualização vai sendo representada à volta do dedo que está a realizar esta operação. Essa visualização poderá assumir diferentes representações, consoante os indicadores e dados que se pretendem mostrar. Assim, este modelo de navegação entre grandezas tem a particularidade de filtrar/seccionar dados, que permanecem ocultos até serem ativados pelo utilizador. No entanto, devido ao modo de interação proposto, existe sempre a possibilidade de alguns elementos ficarem ocultos/obstruídos pelo dedo do utilizador.

4.3 Modelos de visualização de informação e dados

As propostas relativas aos modelos de visualização de informação, mas também visualização de dados, compreendem princípios e cenários muitos específicos e particulares.

Mais especificamente, no caso da visualização de informação apenas foram concetualizadas propostas que tivessem em conta contextos gerais e abstratos de utilização do contexto de RA. Estas propostas procuram criar novos meios ou formas de, por um lado, realizar determinadas tarefas e, por outro lado, recriar novos cenários de visualização onde o contexto de RA possa ser substituído por outras abordagens complementares. Estas abordagens caracterizam-se por se fundamentarem na postura de suporte do dispositivo. Tendo em conta que a postura do utilizador é definida por uma constante, contínua e prolongada distensão dos membros superiores no suporte ao dispositivo como meio principal de visualização do contexto de RA, provocando ao utilizador desconforto e cansaço, as propostas equacionadas têm assim a preocupação de atenuar ou minimizar esta postura em cenários de utilização não obrigatórios de RA (Chun & Iller, 2013; Mora et al., 2012).

Já em relação à visualização de dados, os modelos propostos tiveram como base dar resposta a novos paradigmas de relação entre grandezas, procurando construir formas ou representações mais fáceis de identificar, relacionar, analisar e compreender, tirando desta forma partido das componentes cognitivas e de perceção humanas já referidas. Os modelos devem, assim, exprimir, de forma clara e sistematizada, relações existentes entre grandezas através da utilização de elementos gráficos que consigam e permitam uma melhor perceção e compreensão de determinados diferenciais e/ou proporções. Ao mesmo tempo devem ser otimizados de forma a que consigam ser visualmente sugestivos e não exijam grande atenção ou compreensão extensiva por parte dos utilizadores. Deve também ser referido que, para a concetualização destes modelos de visualização de dados, o número de variáveis considerado foi muito reduzido, resultado assim concetualizações mais simples mas que possam ser adaptadas, posteriormente, a um maior número de variáveis.

4.3.1 Reconstrução da imagem

Este modelo tem em vista proporcionar aos utilizadores uma forma mais cómoda e confortável de aceder a diferentes conteúdos e funcionalidades que anteriormente estavam apenas disponíveis em contexto de RA. Este modelo pressupõe que, após o reconhecimento dos objetos/POIs e do seu contexto, estes dados possam ser gravados no dispositivo para que, quando o utilizador posicione o dispositivo horizontalmente alinhado ao solo, consiga ter acesso às mesmas funcionalidades e informações que teria em contexto de RA, mas agora sobre uma imagem estática, tirando assim partido do 6DoF para oferecer uma experiência mais natural aos utilizadores (Koh et al., 2010).

Apesar deste modelo ter sido desenvolvido de forma independente, os seus conceitos e princípios são semelhantes aos aplicados por Guven, Feiner & Oda (2006) num protótipo em que, através de uma fotografia (*frame*) de um determinado contexto, o utilizador poderia adicionar conteúdos com o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo e posteriormente realinhar essa fotografia ao contexto de RA, projetando assim os novos conteúdos sobre esse contexto.

Assim, esta proposta para além de permitir que em qualquer altura o ambiente de RA possa ser, de certa forma, substituído por uma imagem estática (sem que para isso haja implicações nas funcionalidades e conteúdos disponíveis, em favor de uma posição mais cómoda e confortável do utilizador), permite também que os utilizadores revisitem determinados FoV sem que para isso haja a necessidade estarem fisicamente presentes nesse contexto (Li & Duh, 2013). Li & Duh (2013), referem inclusivamente, que este pode ser um método mais eficaz de reduzir o tempo e esforço na forma como se exploram determinados contextos.

4.3.2 Readaptação da aplicação

De forma consistente com o modelo anteriormente apresentado (reconstrução da imagem) e indo de encontro aos princípios de visualização de informação descritos no capítulo cenários de utilização para aplicação YELP, este modelo tem como objetivo propor 2 ambientes visuais diferentes, consoante a orientação do dispositivo.

Assim, existe uma estrutura visual de elementos adaptada a cada contexto de utilização ou orientação do dispositivo: em contexto de RA, ou seja, quando o dispositivo está verticalmente posicionado, é dada prioridade à visualização do mundo real, em equilíbrio com os conteúdos criados digitalmente; fora do âmbito de RA (e salvaguardando-se casos em que faz sentido a utilização de RA com o dispositivo alinhado ao solo), isto é, quando o dispositivo se encontra alinhado horizontalmente ao solo, os conteúdos criados digitalmente ganham enfoque, tirando-se maior partido da área de visualização.

4.3.3 Filtragem de conteúdos – *tunnel view*

Muito semelhante à navegação adaptativa (da componente de interação), esta filtragem de conteúdos varia também consoante a distância da câmara do equipamento ao objeto/POIs: quanto mais próximo o objeto se encontra, mais detalhada e precisa é a informação. Em termos de visualização, os conteúdos apresentados possuem uma dinâmica semelhante à de um túnel, isto é, à medida que se vai fazendo a aproximação ao objeto os conteúdos afunilam num sentido circular semelhante à rotação dos ponteiros do relógio, e o inverso acontece quando a distância do dispositivo ao objeto vai ficando maior. Estes conteúdos devem ser ilustrados nas extremidades do visor do dispositivo, devendo ser transmitido ao utilizador o nível de detalhe onde se encontra mas também o nível/profundidade possível. Naturalmente, a informação ilustrada neste modelo, deve compreender uma determinada organização e hierarquia para que haja consistência e

modularidade entre os diferentes níveis/escalas de visualização e informação. Este modelo permite segmentar/estruturar de uma forma natural determinados conteúdos/informações utilizando para isso algumas metáforas humanas.

4.3.4 *Dynamic bars*



Figura 20 - Relação entre grandezas: *dynamic bars*

Este modelo de visualização de dados recorre a um conjunto de barras dispostas horizontalmente, contendo em si vários indicadores que representam médias ou unidades ótimas. Estas representações estão relacionadas, acabando também por se influenciarem entre si, significando que uma determinada variação num indicador irá ter implicações em outro(s) indicador(es). Através da representação dos vários indicadores, compreendidos numa barra horizontal (com um determinado tamanho definido), é possível verificar quais os indicadores que se encontram acima ou abaixo da sua média, ilustrando ao mesmo tempo quais os indicadores que podem ser responsáveis por essa variação. Através desta representação, que possibilita que sejam dispostas várias barras horizontalmente, é possível comparar os mesmos indicadores com entidades diferentes. Assim, este modelo parte do princípio que num sistema ótimo, a dimensão de cada indicador é igual, não se evidenciando assim diferenças visualmente perceptíveis. Por sua vez, o contrário deste princípio é visualmente evidente.

De uma forma geral, este modelo preocupa-se mais na representação desses desequilíbrios qualitativos e nas razões por detrás dessa variação, do que propriamente quantificações numéricas exatas, procurando assim transmitir ao utilizador informações gerais de determinados estados ou comportamentos de um determinado sistema. Através desta abordagem, pretende-se igualmente tirar partido do raciocínio visual Humano como forma de se extraírem e reconhecerem mais facilmente padrões, tendências e relações existentes na visualização (Friedman, 2008; Kaidi, 2000).

Os elementos que definem visualmente esta representação de dados é a variação da dimensão das barras de cada indicador e a sua cor. A cor é utilizada para classificar cada indicador, podendo ser utilizada também para comparar indicadores da mesma natureza. Um desafio subjacente a este modelo é o facto de necessitar sempre de uma legenda que identifique quais os indicadores presentes na visualização.

4.3.5 Formas numéricas dinâmicas

Com este modelo pretende-se que, através de formas geométricas, se representem unidades precisas ou aproximadas de determinados indicadores. Ao mesmo tempo, pretende-se também

estimular o recurso ao raciocínio visual, de cognição e percepção humana como elementos decisores no processo de identificação, relação, análise e compreensão (Azzam et al., 2013; Friedman, 2008).

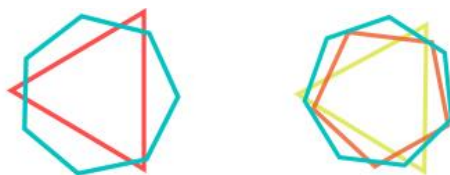


Figura 21 - Visualização de formas numéricas dinâmicas

Numa perspetiva quantitativa, cada vértice do objeto geométrico representa uma unidade, sendo, desta forma, possível representar a unidade numérica 3 através de um triângulo, um 4 através de um quadrado e assim sucessivamente. No entanto, este modelo deve ser aplicado a indicadores cuja variação de unidades seja significativa, mas não em demasia pois poderá tornar-se difícil a sua diferenciação e/ou quantificação.

Por sua vez, e sobre uma perspetiva mais qualitativa, este modelo poderá ser utilizado para representar unidades ótimas; neste caso, esse indicador ótimo deve aproximar-se do formato de um círculo, ao passo que um indicador que não varie dentro desse intervalo terá outra forma, cujo número de vértices seja menor, evidenciando, de imediato, uma grande diferença e variação entre indicadores. Este modelo tira desta forma partido da representação de formas geométricas sobrepostas como meio de evidenciar diferentes tipos de variações entre indicadores.

4.4 Protótipo: MarvIn

O protótipo funcional, designado de MarvIn – *Mobile augmented reality visualization & interaction*, é a plataforma aplicacional que integra alguns dos modelos de interação e visualização propostos.

O MarvIn tem em vista dar suporte a operadores de campo da área das telecomunicações, apoiando-os na realização de determinadas tarefas, tendo como objetivo dirimir problemas específicos inerentes à manutenção de redes de telecomunicações. O contexto de RA, entra neste cenário como uma ferramenta/suporte adicional e determinante para a execução dessas tarefas, procurando assegurar a sua boa execução, garantindo ao mesmo tempo a atenuação de eventuais erros operacionais (Gabriel-Petit, 2011).

Este protótipo é suportado e baseado num *use case*, tendo sido considerados, adicionalmente, os seguintes requisitos e necessidades:

- Localização dos equipamentos e das componentes físicas a estes associadas;
- Identificação dos portos alarmados;
- Identificação de determinado equipamento numa rede lógica de comunicações;
- Emissão de alertas para a falta de comunicação num determinado porto;

- Emissão de alertas para a necessidade de realizar operações junto do sistema de gestão central;
- Obtenção, em tempo real, do estado e informações dos equipamentos.

Neste sentido, o protótipo deverá ilustrar e compreender um determinado conjunto de operações, tarefas e funcionalidades, que permitam aos operadores resolver situações específicas, sempre num contexto de manutenção de redes de equipamentos.

4.4.1 Use case

O *use case* proposto pretende, de uma forma geral, simular um alarme do tipo *linkdown*²⁵ num determinado porto GbE (*Gigabit Ethernet*) de um equipamento de telecomunicações designado de MPLS PP360. O objetivo do *use case* passa por desencadear um conjunto de ações e operações que tenham em vista a resolução desse alarme. Para este processo de operação foi equacionado um assistente de apoio, designado de Assistente de Operação (AO), que tem como objetivo acompanhar o utilizador, através de uma sequência de instruções/passos lógicos (do ponto de vista da arquitetura e do sistema de telecomunicações), à resolução do alarme de *linkdown*.

O *use case* foi desenhado de forma a recriar todo o cenário de operação, específico para este conjunto de alarmes (*linkdown*), partindo do princípio que o operador já se encontra em frente ao equipamento que pretende intervir.

Neste sentido, o *use case* é iniciado com a comunicação ao operador da existência de alarmes no equipamento, bem como o número de alarmes e a sua natureza e importância (crítica, média ou baixa). Ao mesmo tempo, deve ser facultada informação detalhada e específica de todos os alarmes existentes no equipamento. Também muito importante neste processo inicial, é a necessidade de identificar visualmente e rapidamente quais os portos GbE que estão em alarme, procurando tornar este processo mais imediato para o operador. Adicionalmente importante e determinante, é a necessidade de comunicar ao operador o estado atual de todas as operações que realiza junto do equipamento de rede mas também do próprio Sistema de Gestão Central (SGC), simulando a transmissão e comunicação destas informações em tempo real.

Para a resolução de um determinado alarme em específico, o operador deve inicializar o AO que o vai guiar, através de um processo iterativo, na realização de um conjunto de instruções/passos que têm em vista a resolução desse alarme. Neste caso, para a resolução deste alarme, foram compreendidos 5 instruções/passos do AO que simulam ações/operações físicas e operações lógicas junto do equipamento – MPLS PP360 – ou junto do SGC.

A primeira iteração do AO, que compreende uma prévia seleção de um alarme, questiona o operador se deseja ativar o *Automatic Laser Shutdown* (ALS), uma vez que é um mecanismo de segurança que vai permitir determinar se existe alguma quebra de ligação de uma ou ambas as

²⁵ Designação atribuída quando existe uma quebra ou falha de ligação entre equipamentos de rede

fibras. Estes equipamentos de telecomunicações estão ligados entre si através de cabos de fibras óticas, em cada uma das extremidades é responsável pela transmissão (TX²⁶) e receção (RX²⁷) de dados. A razão para o questionamento do desbloqueio prende-se com a própria segurança do operador, uma vez que o feixe de luz emitido pelas fibras pode provocar cegueira, no entanto poderá ser pertinente para determinar se algum destes cabos se encontra cortado, apurando-se assim a razão para o alarme. Assim, caso o operador deseje desativar o ALS, os equipamentos vão tentar estabelecer uma nova ligação, informando-o acerca da conectividade mas também das próprias potências óticas de cada feixe ótico. Caso não haja esta informação, significa que poderá haver um corte em ambas as fibras. Esta informação é essencial para o operador, uma vez que as próximas iterações podem ser diferentes consoante o resultado desta operação. Neste *use case*, assumiu-se que não existem dados relativos à conectividade e, por conseguinte, das potências óticas.

A segunda iteração é referente aos conectores responsáveis pela acoplagem das fibras ao equipamento, designados de *Small form-factor Pluggable* (SFP). Nesta instrução indica-se ao operador para verificar fisicamente o estado do SFP no sentido de perceber se existe algum dano físico evidente neste componente. Devem ser igualmente indicadas algumas das propriedades deste componente, tais como o comprimento de onda e a distância máxima de ligação que suporta, que estão registados no SGC e que devem coincidir com as informações inscritas no próprio SFP. Caso exista algum dano manifesto neste componente, o operador deve proceder à sua substituição e tentar realizar uma nova conexão entre os equipamentos ou, caso contrário, prosseguir para a próxima instrução.

A terceira iteração do AO está diretamente relacionada com a anterior, mais especificamente com as características de ambos os SFPs dos dois equipamentos. Aqui o operador deverá comparar as características de ambos os componentes, no que se refere ao comprimento de onda e distância de operação. Caso haja discrepância nestes dados, o operador deverá proceder à substituição do SFP para outro que apresente as mesmas características às do equipamento em que se encontra ligado e posteriormente testar novamente a ligação entre ambos os equipamentos. Caso estes valores sejam semelhantes, o operador deverá prosseguir para a próxima instrução.

A penúltima instrução deve comunicar ao operador para verificar o acoplamento das fibras ao SFP, percebendo se estas se encontram bem fixas. Esta operação pode ser realizada através do manuseamento dos conectores verificando se o encaixe mecânico do SFP ao conector não permite que este se solte. Neste caso, o operador deve também ter a possibilidade de testar a ligação caso verifique que algum conector não se encontre bem acoplado, ou passar para o próximo passo.

No quinto e último passo do AO é comunicado ao operador a necessidade de realizar a troca de fibras entre equipamentos. Tendo em conta que, geralmente, os bastidores onde se encontram estes equipamentos estão rodeados de vários cabos/fibras óticas, existe uma clara necessidade de

²⁶ Abreviação do termo *transmission* de equipamentos de comunicações

²⁷ Abreviação do termo de *receive* ou *receiver* de equipamentos de comunicações

identificar rapidamente os portos GbE de cada equipamento de forma a tornar este processo mais rápido para o operador. O AO termina assim quando se realiza esta operação, devendo informar o utilizador da resolução do alarme bem como da possível existência de outros alarmes nesse equipamento.

A análise posterior deste *use case* vai permitir conhecer e compreender melhor estes cenários de operação, possibilitando uma melhor assertividade na seleção e integração dos modelos de interação e visualização propostos.

4.4.2 Seleção, adaptação e integração dos modelos de interação e visualização de informação

A seleção dos modelos a integrar no protótipo funcional, deriva de uma análise cuidada do *use case* mas também de todos os requisitos e necessidades anteriormente referidos. Através desta análise foi possível identificar necessidades e requisitos específicos de ambas as naturezas em estudo - interação e visualização de informação -, mas também identificar os cenários em que o recurso ao contexto de RA poderá ser determinante para uma melhor execução de todo o processo de manutenção e resolução de alarmes existentes no equipamento.

Do ponto de vista de interação foram identificadas e consideradas as seguintes especificações:

- Navegação e seleção de POIs (que neste caso são os portos GbE em alarme);
- Disponibilização de mecanismos de interação que possibilitem ao operador confirmar e cancelar determinadas decisões, avançar ou saltar para outras tarefas do AO, possibilitando também efetuar testes de ligações remotas.

Por sua vez, e do ponto de vista da visualização de informação, foram consideradas as seguintes especificações:

- Identificação do equipamento e seus componentes;
- Identificação, quantificação e localização dos portos GbE em alarme;
- Informações específicas de cada porto GbE em alarme;
- Informação das características dos SFPs de ambos os equipamentos;
- Visualização da informação relativa a todos os processos e estados do equipamento mas também do SGC;
- Comunicação da resolução do alarme.

Em relação ao recurso do contexto de RA neste *use case*, foram identificados os seguintes cenários:

- Identificação dos portos GbE em alarme no equipamento;

- Identificação dos portos GbE nos quais devem ser substituídos os cabos de fibra ótica entre equipamentos.

De uma forma geral, destaca-se uma maior necessidade no que respeita às especificações relativas à componente de visualização de informação, já que, ao longo de todo o *use case*, foi necessário, por vezes, ilustrar grandes volumes de informação. Indo ao encontro das exigências, mas também constrangimentos, desta componente específica - visualização de informação -, verifica-se ao mesmo tempo que a necessidade e pertinência da sua utilização em contexto de RA é pontual, sendo assim apenas decisiva em determinados momentos e tarefas. Já do ponto de vista de interação, constata-se que as necessidades se prendem, sobretudo, com aspetos relacionadas com a navegação e seleção mas também com aspetos relacionados com ações e decisões do operador.

Ponderados estes elementos, foram considerados e selecionados apenas 2 modelos, um de interação e outro de visualização de informação. Atendendo às reduzidas e específicas necessidades de interação, acabou por se adotar um modelo adaptado do modelo de *Navegação Composta*. A razão para esta escolha prende-se com a clara definição de zonas mais confortáveis e ergonómicas de interação para o utilizador. A estruturação destas áreas de interação acaba também por influenciar o modelo de visualização de informação selecionado, tendo sido escolhido o modelo de *Readaptação da Aplicação*. Da integração e combinação de ambos os modelos resulta um modelo singular de interação e visualização ilustrados na **Figura 22** e na **Figura 23**.

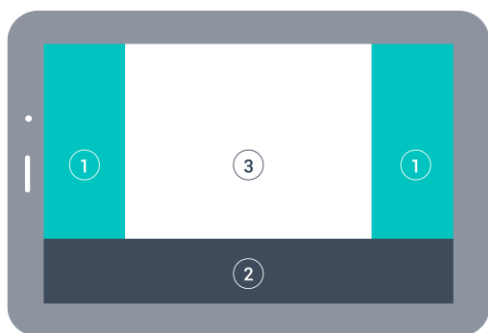


Figura 22 - Áreas de interação e visualização:
contexto de RA

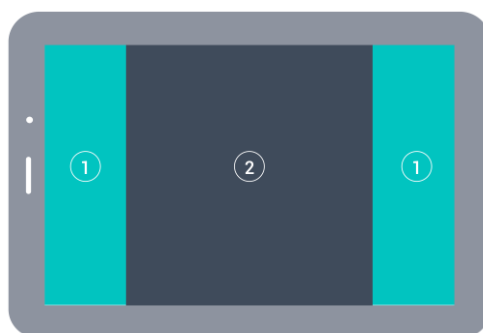


Figura 23 - Áreas de interação e visualização:
contexto normal de aplicação

Assim, propõem-se que independentemente do contexto, a interação seja sempre realizada a partir das áreas laterais do dispositivo (identificadas a 1). Em contexto de RA a área destinada à visualização de informação localiza-se no fundo do visor, evidenciando o contexto de RA no centro do visor. Para uma maior imersão nesse contexto, este modelo implica que esse contexto seja

reproduzido sobre todo o visor, utilizando-se ligeiras opacidades em ambas as áreas de interação e visualização. O recurso a esta componente gráfica – opacidade - foi equacionada devido às preocupações de visualização descritas por Li & Duh (2013), referentes à ocultação de elementos da visualização no mundo real. Pretende-se assim através desta abordagem, atenuar possíveis problemas relacionados com essa ocultação de elementos ou objetos.

Já quando o contexto de RA não é pertinente para a tarefa/operação que o operador está a realizar, o modelo de visualização vai assumir toda a altura situada no centro do dispositivo, procurando desta forma aproveitar todo o espaço disponível no visor. Deve também ser equacionado, em determinadas circunstâncias, a área relativa à visualização poder-se sobrepor às áreas de interação, desde que não haja impedimentos ou constrangimentos visuais aos mecanismos/elementos de interação.

Através desta proposta é possível definir e estruturar zonas claras de interação e visualização, procurando em ambos os contextos de utilização - RA e sem RA - minimizar a descontinuidade visual, referida por Li & Duh (2013), através de uma constante e permanente coerência e consistência do posicionamento destas áreas sobre o visor.

Em particular, o modelo de visualização procura gerir a informação e o espaço disponível no visor de uma forma mais efetiva e dinâmica, adaptando-se ao contexto em que está a ser utilizado. Assim, e em contexto de RA, a informação deve ser o mais clara e objetiva possível. Já fora desse contexto, existe uma maior liberdade para apresentar mais conteúdos e informações ao utilizador, havendo um maior foco apenas e sobre a informação.

4.4.3 Levantamento dos requisitos funcionais

O levantamento dos requisitos que de seguida se apresentam e descrevem, têm como objetivo definir princípios e especificações claras que devem estar presentes ou subjacentes ao protótipo funcional. Estes requisitos foram fundamentais no sentido em que permitiram e contribuíram para uma maior e melhor assertividade, mas também organização, no decorrer das fases subsequentes. Neste sentido, foram considerados os seguintes requisitos gerais:

- A organização dos conteúdos deve respeitar uma determinada coerência e estrutura que permita que naturezas semelhantes de informação possam ser ilustradas da mesma maneira em diferentes áreas e níveis do protótipo;
- Assegurar a existência de mecanismos que permitam ao utilizador sair, retroceder ou cancelar determinada operação/ação, contemplando eventualmente mecanismos de segurança para operações mais delicadas, seguindo desta forma alguns princípios Heurísticos;
- Todas as ações realizadas pelo utilizador no protótipo devem ser acompanhadas por algum tipo de *feedback* visual;
- A eventual ocorrência de falhas não deve comprometer a avaliação dos modelos;

- Operações que dependam de serviços externos devem ser sempre acompanhadas por uma resposta ou por um tempo limite de resposta;
- Assegurar que todos os conteúdos informativos possuem boa legibilidade e contraste;

Já do ponto de vista do *use case*, foram identificados os seguintes requisitos:

- Comunicação clara da existência de alarmes;
- Descrição e detalhe dos alarmes;
- Navegação e seleção de POIs que permita aceder a mais detalhes sobre esse alarme, ao mesmo tempo que deve ser identificado visualmente a localização física em contexto RA do porto em questão;
- A entrada no AO deve ser clara para o utilizador, devendo ser uma ação consciente e voluntária deste, devendo também ser comunicado ao utilizador os objetivos do AO;
- As instruções/tarefas do AO devem ser claras e devem garantir e transmitir, de certa forma, uma natureza sequencial entre si;
- A comunicação do sucesso na resolução do alarme deve ser clara para ao utilizador, de forma a que não restem dúvidas;

De uma forma geral, estes foram os requisitos gerais considerados para as fases seguintes de desenho.

4.4.4 Desenho técnico: *wireframing*

Esta fase de desenho compreendeu a concetualização de alguns dos princípios e estruturas basilares que viriam a suportar e conduzir as fases seguintes de desenho e implementação do protótipo. Alguns desses princípios referem-se à navegação e seleção de POIs, mecanismos de decisão (botões), mas acima de tudo, à composição e estrutura de suporte subjacente ao modelo de interação e visualização proposto. Esta metodologia de prototipagem de baixo nível – *low fidelity* - permite representar a composição e estrutura de cada “ecrã”, demonstrando ao mesmo tempo a navegação e *workflow* que se poderá realizar entre a aplicação e o utilizador (Fling, 2009; Keatley, 2012).

Para o desenho destas maquetes visuais recorreu-se ao *software* de desenho vetorial *Adobe Illustrator CS6*, devido à facilidade e rapidez de construção de maquetes visuais com baixo nível de detalhe gráfico.

O processo de concetualização e desenvolvimento levado a cabo nesta fase foi suportado e ancorado, naturalmente e maioritariamente, pela própria natureza dos modelos que definem determinadas áreas mas também a própria mecânica do protótipo, estabelecendo assim um ponto de partida para esta fase de desenho. Adicionalmente, refere-se que, tendo em conta a natureza

do modelo de visualização proposto, a ilustração de determinados “ecrãs” compreende 2 representações diferentes de informação.

A primeira maquete compreende a existência de um *splash screen* que deve ilustrar a identidade gráfica do projeto MarvIn, contendo ao mesmo tempo informações de como o utilizador deve iniciar o protótipo.

VISÃO PARA AMBOS OS MODELOS DE VISUALIZAÇÃO

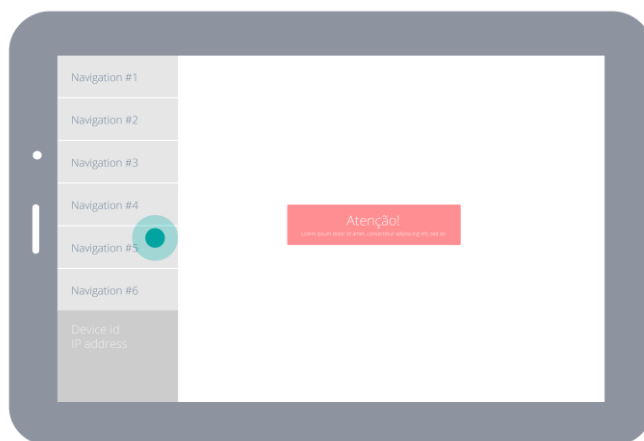


Figura 24 - Imagem ilustrativa do ambiente principal do protótipo: listagem de alarmes

Após este primeiro contacto, e após o gesto *tap* sobre o *splash screen*, conceitualizou-se uma área principal do protótipo (**Figura 24**). Esta área, neste momento inicial, contém e ilustra os seguintes elementos:

- Comunicação da existência de alarmes no equipamento: o posicionamento desta informação localiza-se no centro do dispositivo, procurando captar a atenção do utilizador;
- Lista de alarmes existentes no equipamento. Indo ao encontro da Lista Simples de Gabriel-Petit (2011), esta representa uma área de navegação e seleção de alarmes, encontrando-se posicionada sobre a área de interação localizada no lado esquerdo do visor;
- Informação do equipamento: Esta informação localiza-se sobre a área de interação do lado esquerdo, posicionada no fundo do visor, contendo informação relativa ao nome do equipamento e ao IP. Apesar de estar localizada na área de interação, não contém qualquer tipo de eventos associados. Considerou-se pertinente ter sempre este elemento presente na visualização e sempre associado aos alarmes existentes, daí a razão da proximidade do seu posicionamento.

VISÃO PARA AMBOS OS MODELOS DE VISUALIZAÇÃO

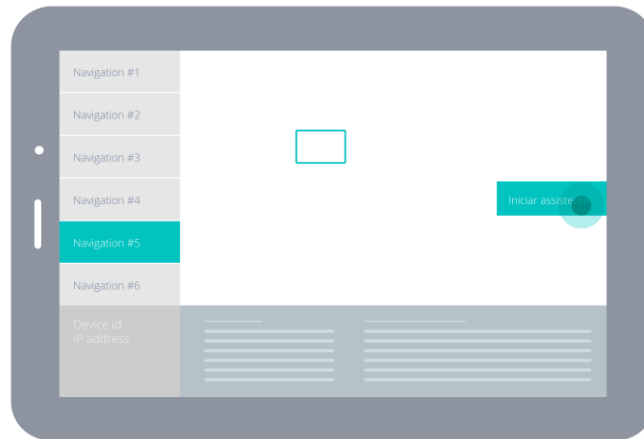


Figura 25 - Imagem ilustrativa do ambiente principal do protótipo: listagem de alarmes e informação de uma alarme específico

Sobre esta área principal, a seleção de um determinado alarme da lista – efetuada a partir do gesto *tap* - vai desencadear uma ação que vai revelar informação mais detalhada sobre esse alarme na área compreendida e definida pelo modelo de visualização de informação (**Figura 25**). O princípio subjacente a este comportamento é baseado no padrão *Master and Detail* identificado por Gabriel-Petit (2011), em que a partir da Lista Simples - *Master* – é possível controlar uma outra área - *Detail* – que vai refletir determinados conteúdos com base na opção selecionada na Lista Simples, havendo desta forma uma relação e associação direta entre estas 2 componentes. A decisão para a utilização deste padrão de interação e *design*, justifica-se pela necessidade de gestão do espaço existente no visor (Hollerer, 2004; Li & Duh, 2013), tornando apenas essa informação disponível e visível com a ação do utilizador. Por sua vez, este evento de seleção vai também identificar na visualização a localização física - em contexto de RA - do porto GbE selecionado. Atendendo à limitação física do visor e, por conseguinte, à limitação do espaço vertical da Lista Simples, esta área de navegação e seleção de alarmes – Lista Simples - compreende a interação a partir do gesto de *drag*, para ilustrar mais alarmes que não estejam inicialmente visíveis. A comunicação da existência destes elementos ocultos será abordada na fase de desenho gráfico.

A associação e relação entre os componentes de *Master and Detail* e identificação em RA do POIs compreendem a utilização do princípio de Informação Semântica (Hollerer, 2004; Li & Duh, 2013), estabelecendo-se assim uma relação entre os objetos digitais e os objetos reais, caracterizando assim o comportamento do próprio UI. Neste sentido, a seleção de um elemento na Lista Simples vai criar uma ligação e relação direta entre a vista *detail* mas também com a própria identificação do POIs sobre a visualização. Como forma fortalecer esta ligação e relação entre as

componentes *Master and Detail*, decidiu-se, nesta fase, recorrer à numeração dos alarmes da Lista Simples, refletindo essa numeração na área de *detail*.

Adicionalmente a estes componentes e ainda nesta área principal, surge também um botão - sobre a área de interação localizada sobre o lado direito do visor -, que vai permite entrar no AO para o alarme selecionado. Deve ser referido que esta área de interação em particular - situada à direita do visor – compreende e define apenas um conjunto de ações ou decisões - ilustradas por botões, acionáveis pelo gesto *tap* – referentes a: 1) entrada no AO; 2) confirmar ou cancelar ações; 3) saltar de tarefa; 4) concluir; 5) concluir assistente; 6) e auxílio visual em contexto de RA para realizar determinada tarefa; Assim, esta zona de interação destaca-se pela existência de botões referentes a ações ou decisões, que vão sendo contínuas ao longo de todo o protótipo, procurando desta forma manter a consistência da natureza destas ações.

VISÃO PARA AMBOS OS MODELOS DE VISUALIZAÇÃO

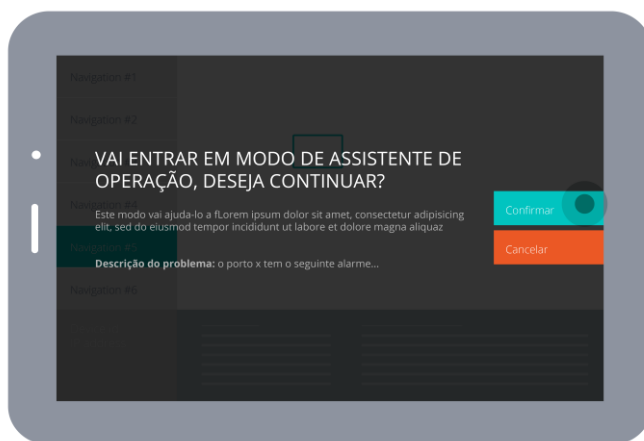


Figura 26 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: iniciar assistente de operação

A entrada no AO é efetuada pelo gesto *tap* sobre o botão correspondente, que vai ativar uma área (**Figura 26**) - com algumas semelhanças a uma janela modal - que se sobrepõe a todo o visor. Esta área de decisão, que se vai refletir em outras instâncias do protótipo, caracteriza-se pelo escurecimento de todo o visor, ilustrando apenas informações relativas à ação em causa, compreendendo os devidos botões de ação. Nesta área e neste caso particular - entrada no AO - o utilizador é questionado se realmente deseja iniciar o AO para aquele alarme. A confirmação ou cancelamento desta ação é realizada através dos botões posicionados na zona referida, sendo suportada assim a Heurística de Controlo e Liberdade de Nielsen(1995). Este princípio é seguido em todas as tarefas ou ações que exijam uma confirmação por parte do utilizador, assegurando que não são efetivadas por toques involuntários no visor.

Tal como anteriormente referido, a entrada no AO dá início a um conjunto de instruções e passos que têm como objetivo a resolução do alarme em questão, onde todas as instruções ou ações são sempre acompanhadas por informações complementares, procurando informar melhor o utilizador acerca das mesmas. Dentro AO foi equacionada a possibilidade de o utilizador poder, a qualquer momento, sair deste através de um botão presente sobre a área de interação localizada sobre o lado esquerdo, sendo também uma das ações que exige confirmação por parte do utilizador.



Figura 27 - Imagem ilustrativa da 1ª tarefa/instrução em contexto de RA

Figura 28 - Imagem ilustrativa da 1ª tarefa/instrução sem contexto de RA

A primeira instrução é apresentada em forma questão, onde se questiona o utilizador se deseja desativar o ALS, possibilitando a confirmação da desativação ou o avanço para a próxima instrução (**Figura 27** e **Figura 28**). A confirmação da desativação remete para uma área onde se questiona novamente esta intenção.

VISÃO PARA AMBOS OS MODELOS OS MODELOS DE VISUALIZAÇÃO JANELA MODAL DE ESTADOS



Figura 29 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: indicação de estado



Figura 30 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: informação final do estado

Caso se confirme esta intenção, os conteúdos desta área vão ser substituídos por informações acerca do estado do sistema (**Figura 29**), sendo simulado desta forma a interação com o SGC. No fim desta operação o utilizador é informado (**Figura 30**), acerca do estado das potências óticas e da conectividade do equipamento. Para concluir esta operação é apresentado um botão que direciona o utilizador para a próxima tarefa/instrução. A segunda, terceira e quarta instrução, apresentam uma disposição e estrutura de informação semelhante à primeira que se apresenta na **Figura 27** e **Figura 28**. Nestas instruções as ações possíveis para o utilizador referem-se à funcionalidade de testar ligação ou saltar para a próxima instrução. O mecanismo de testar ligação remete para uma área onde vai ser comunicado o estado da operação, seguida por uma conclusão do processo (**Figura 29** e **Figura 30**). Mais uma vez, a conclusão do processo é acompanhada por um botão que vai remeter o utilizador para a próxima instrução.

Já a quinta e última instrução, apresenta também uma estrutura de informação semelhantes às anteriores, embora sendo a última, as possibilidades de decisão referem-se apenas à funcionalidade de testar ligação ou de obter apoio visual para a operação a realizar. Esta última opção - apoio visual - remete o utilizador para uma área, suportada pelo contexto de RA, em que através de uma animação o utilizador é esclarecido sobre quais os portos GbE que deve intervir. Para sair desta área, e também para manter a consistência do conceito de saída anteriormente referido do AO, é posicionado sobre essa área – topo da área de interação esquerda - um botão de saída desta área. A conclusão desta tarefa dá-se através do gesto *tap* sobre o botão de testar ligação. Também aqui vai ser simulada a comunicação com o SGC onde posteriormente é comunicado o sucesso da operação, representando-se também o botão de conclusão de assistente que vai remeter o utilizador para a área principal, informado novamente este acerca dos eventuais alarmes existentes.

De uma forma geral, os *wireframes* descritos denotam a conformidade para com o modelo de interação e visualização proposto, evidenciando zonas claras e com propósitos distintos, sobretudo

ao nível da interação. Estas áreas de interação destacam-se por possuírem objetivos e naturezas diferentes: 1) área esquerdo do visor: navegação e seleção de alarmes/POIs e botão de saída do AO; 2) área direita do visor: botões de ação ou decisão.

4.4.5 Desenho de conteúdo

Esta fase de desenvolvimento teve como objetivo analisar todos os dados e informações inerentes ao *use case* e perceber em que circunstâncias, momentos, posições, componentes ou áreas devem ser ilustradas. Sendo que um dos grandes desafios destas fases iniciais de desenho se prendiam com o excesso de informação, associado sobretudo aos indicadores desta natureza de equipamentos, foi necessários recorrer a princípios de arquitetura de informação, no sentido de determinar a validade, necessidade, pertinência e hierarquia desses mesmos conteúdos e informações a serem apresentados aos utilizadores. O resultado desta análise é apresentado na seguinte tabela.

COMPONENTE	CONTEÚDOS E /OU ESTRUTURA
Listagem de alarmes no menu principal: Lista Simples	<ul style="list-style-type: none">- Tipo de alarme ordenado por gravidade- Número de alarmes existentes no equipamento- Numeração do alarme- Identificação tributária do porto
Informação detalhada do alarme	<ul style="list-style-type: none">- Número do alarme (associado à listagem de alarmes no menu principal)- Nome do alarme- Gravidade do alarme- Hora do último alarme- Valor das potências e descrição dos equipamentos alarmados (módulo e carta)

Janela modal de entrada no assistente de operação	<ul style="list-style-type: none"> - Aviso em formato de questão de entrada no assistente de operação - Descrição dos objetivos do assistente de operação - Número do alarme na listagem de alarmes - Nome alarme - Gravidade do alarme - Hora do último alarme - Valor das potências e descrição dos equipamentos alarmados (módulo e carta)
Área de informação da tarefa/instrução	<ul style="list-style-type: none"> - Número da tarefa - Tarefa/instrução - Descrição - Características específicas da tarefa/instrução
Área de informação geral no assistente de operação	<ul style="list-style-type: none"> - Indicação ao utilizador que se encontra em modo de assistente de operação - Nome dos equipamentos associados ao alarme em questão
Janela modal de confirmação de operação	<ul style="list-style-type: none"> - Operação - Descrição da operação
Janela modal de informação do estado do sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Descrição do estado da operação - Estado final da operação

Simulação da visualização em contexto de RA	<ul style="list-style-type: none"> - Identificação do contexto: RA - Descrição da tarefa - Identificação e descrição visual da tarefa a realizar em contexto simulado de RA
--	--

Tabela 7 - Desenho de conteúdo: componentes e conteúdos/estruturas

Estes dados vão servir de suporte para a fase de desenho gráfico, guiando e alicerçando a base de UI do protótipo final.

4.4.6 Desenho gráfico

Esta fase de desenho compreende a criação e desenvolvimento de todo o interface e identidade gráfica do protótipo. O principal desafio nesta fase de desenho foi o de tentar criar um equilíbrio e harmonia entre os vários elementos e componentes, tendo sempre em conta os utilizadores mas também o próprio contexto para o qual se encontra a ser projetado (Fling, 2009). Este desafio prende-se também, e sobretudo, com questões relacionadas com a quantidade de informação a apresentar e também com próprio ruído visual provocado pelo contexto de RA (simulado nestes interfaces através de uma imagem ilustrativa).

Uma das primeiras decisões nesta fase passou por definir que todas as áreas ou zonas estruturais deveriam ter opacidade, com o intuito de criar uma experiência de maior imersão sobre o contexto de RA, acabando ao mesmo tempo por tirar partido de uma maior área de visualização sobre esse mesmo contexto, tal como o modelo selecionado e proposto pressupõe. Uma preocupação acrescida por esta decisão, foi a de criar um maior contraste entre todas as informações e conteúdos pertinentes para o utilizador, de forma a potenciar a sua legibilidade.

Ao longo deste processo criativo foi sendo constatado o desafio inerente à conceção e desenvolvimento de interfaces gráficas destas naturezas (Hollerer, 2004). Para ultrapassar este desafio de concetualização, foi adotada uma linha e estratégia visual/gráfica sustentada no minimalismo e simplicidade de todos os elementos visuais/gráficos. Esta estratégia determinou que: 1) se utilizasse uma paleta de cores reduzida; 2) se limitasse o número de elementos ou reforços visuais, como é o caso das imagens ou recurso a elementos iconográficos; 3) hierarquização da informação e de todas as estruturas envolventes, quer pela sua posição quer pelo seu tamanho.

Seguindo esta linha, a paleta de cores utilizada e que se apresenta de seguida, destaca-se como um elemento que foi utilizado para reforçar a estruturação e hierarquização de diferentes tipos de conteúdos.

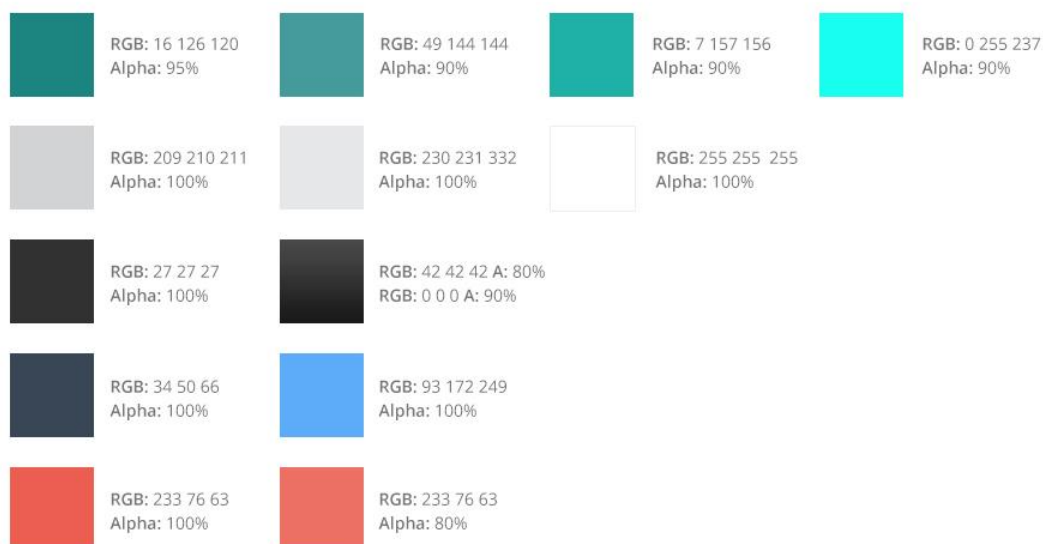


Figura 31 - Imagem ilustrativa da paleta de cores utilizada

De uma forma geral, os tons verdes foram recorridos para dar cor a elementos de texto que de certa forma precisassem de um maior destaque, acabando por ser utilizado também como cor de fundo e identidade visual da área principal do protótipo bem como dos contextos de RA. Ainda sobre os elementos textuais, foi também utilizada a cor branca e cinza. As tonalidades de preto por sua vez foram utilizadas unicamente como preenchimento de áreas onde seria apresentada informação. Já a cor azul foi utilizada como um reforço visual ao nível da identidade do AO, procurando transmitir um ambiente diferente e à parte da identidade e grafismo da área principal. Por fim, os vermelhos foram utilizados como cores de letra, mas também como fundo, para salientar determinadas informações ou alertas considerados importantes para o utilizador.



Figura 32 - Imagem ilustrativa dos tipos de letra utilizados

A tipografia selecionada (**Figura 32**) baseou-se em 2 tipos de letra, nomeadamente *Open Sans*²⁸ e *Roboto*²⁹, nas suas variantes de *semibold/medium*, *regular* e *thin*. Estes são tipos de letra reconhecidos e utilizados em diversas aplicações móveis, apresentando características de boa legibilidade (Carson & Hampton-Smith, 2013).

²⁸ Tipografia *Open Sans* - Disponível em Google Fonts - <http://www.google.com/fonts/specimen/Open+Sans>

²⁹ Tipografia *Roboto* – Disponível em Google Fonts - <http://www.google.com/fonts/specimen/Roboto>

Texto muito pequeno	8pt	Texto pequeno	12pt	Texto médio pequeno	14pt
Texto médio	16pt	Texto médio grande	20pt	Texto grande	30pt

Figura 33 - Imagem ilustrativa dos tamanhos de letra

Em relação aos tamanhos utilizados (**Figura 33**), estes variam bastante devido às hierarquias e naturezas de informação, pelo que foi necessário utilizar cerca de 6 tamanhos de letra, variando entre os 8pt e 30pt. Apesar dos guias de estilo como as do iOS *Human Interface Guide Lines*³⁰ ou Android³¹ estabelecerem tamanhos mínimos tipográficos - compreendidos em média entre os 22pt -, não foi possível nesta fase de desenho seguir estas práticas devido à relação entre a quantidade de informação e o espaço disponível no visor, acabando por ser a hierarquia de informação a definir quais os conteúdos que seriam menos relevantes e, assim, com tamanhos de letra mais reduzidos.

Para a construção das maquetes visuais de alta fidelidade, foi utilizado o *software* de edição de imagem Adobe Photoshop CS6 partindo de uma área de trabalho com a dimensão de 1024x600 pixéis e uma densidade de 216 PPI (*Pixels per Inch*).

De seguida apresentam-se e descrevem-se de forma isolada algumas das componentes visuais desenvolvidas, prosseguida pela sua conjugação e inserção nos vários e diferentes “ecrãs”. Estes “ecrãs” são descritos e apresentados como abstrações gerais, isto é, não vão ser apresentados na sua totalidade bem como a sua sequência de apresentação não segue a linha natural do desenvolvimento do *use case*. Esta decisão teve como objetivo não repetir “ecrãs” cuja única mudança se reflete apenas na informação representada, ilustrando-se e descrevendo-se assim apenas ecrãs cuja sua composição é geral e transversal a outros.

4.4.6.1 Alerta geral

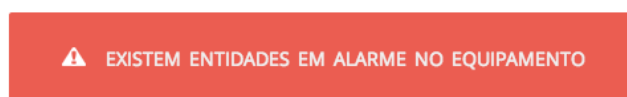


Figura 34 - Imagem ilustrativa do alerta referente à existência de alarmes no equipamento

³⁰ iOS *Human Interface Guidelines* - <https://developer.apple.com/library/ios/documentation/UserExperience/Conceptual/MobileHIG/>

³¹ Android *Typography* - <http://developer.android.com/design/style/typography.html>

Esta é a componente de alerta geral do protótipo e é iniciada assim que se entra na área principal de visualização de POIs. Esta componente tem como objetivo alertar o utilizador para a existência de alarmes naquele equipamento.

4.4.6.2 Menu de navegação entre alarmes

O menu de navegação entre alarmes é composto por vários botões relativos a POI's dos alarmes existentes. Nesta componente os botões de navegação são apresentados verticalmente. Tal como referido na secção de desenho de conteúdo, cada botão contém associado a si informações relativas ao nome/tipo de alarme, identificação tributária do porto em causa, mas também a própria numeração dos alarmes consoante a sua pertinência, sendo também utilizada para criar uma relação mais direta entre a vista *Master and Detail*, como já referido. Para o desenvolvimento destes botões foi considerada a questão relativa aos designados *fat fingers* (Clark, 2012) mas também as dimensões propostas por Tseng (2012)³², onde este estabelece um intervalo mínimo de 45 a 57 pixéis altura e largura para que os objetos/elementos possam ser facilmente clicáveis. Apesar de este autor reiterar que este intervalo ainda não é ótimo para interações efetuadas a partir dos polegares dos utilizadores, o espaço vertical disponível na Lista Simples para estes elementos acabou por condicionar o seu tamanho, concetualizando assim elementos de navegação com as seguintes dimensões: 55 pixéis altura e 150 pixéis de largura (**Figura 35**). Através desta decisão foi possível ilustrar e representar mais 1 elemento de navegação nessa Listagem Simples. Nesta concetualização foi também tido em conta o próprio estado desse elemento de navegação, onde se ilustra o seu estado ativo através da mudança de cor (**Figura 35**), acabando por ser uma alavanca visual adicional para o utilizador.



Figura 35 - Imagem ilustrativa de um botão de POIs

Atendendo novamente à restrição da dimensão vertical da Lista Simples, a comunicação da existência de mais botões de POI's ocultos é feita através de um sombreamento sobre o último botão da lista, tal como ilustra a **Figura 36**. Procura-se através deste efeito visual transmitir ao

³² As dimensões propostas por este autor são baseadas num estudo desenvolvido pelo MIT Touch Lab designado de *Human Fingertips to investigate the Mechanics of Tactile Sense*. Este estudo está disponível em http://touchlab.mit.edu/publications/2003_009.pdf

utilizador uma noção de dimensão mas também de perspetiva sobre esse último elemento, evidenciando assim uma ocultação de elementos mais natural para o utilizador (Morris, 2009).

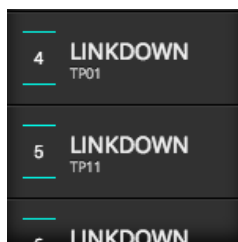


Figura 36 - Imagem ilustrativa da ocultação dos restantes botões de POI's

4.4.6.3 Área de informação do equipamento



Figura 37 - Imagem ilustrativa da área de informação do equipamento

Este elemento localiza-se mais abaixo da Lista Simples e tem como objetivo identificar o equipamento em causa e o seu IP. Neste componente o objetivo passou por salientar o tipo de equipamento a ser intervencionado através da cor e através do tamanho da fonte, seguida da identificação do IP com a cor branca e com um tamanho de fonte mais reduzido.

4.4.6.4 Área de informação do alarme



Figura 38 - Imagem ilustrativa da área de informação detalhada do alarme selecionado

Esta componente - *Detail* - é responsável pela ilustração de informação mais detalhada acerca do alarme selecionado. Associada ao modelo de visualização de informação, esta componente encontra-se localizada ao centro e fundo do visor, sendo apenas visível quando existe um alarme/POI's selecionado. Sobre o lado esquerdo encontra-se informação geral do alarme ao passo que sobre o lado direito encontra-se informação acerca do estado das potências. Aqui, o objetivo passou por evidenciar o sinal das potências óticas e informar a que horas foi registado o último alarme bem como registar a sua classificação ao nível da importância/pertinência.

4.4.6.5 Botões de ação/decisão

Esta componente refere-se aos botões colocados sobre a área de interação posicionada sobre o lado direito do modelo de interação proposto. Tal como referido anteriormente, estes botões são relativos a diferentes naturezas de ação ou decisão possíveis de realizar dentro do protótipo. Tratando-se de elementos de interação, também aqui o seu sobredimensionamento foi equacionado, embora neste caso em particular tenha sido possível aplicar os princípios propostos por Tseng (2012). Como referido anteriormente, este autor define um tamanho mínimo de 72 pixéis de altura e largura para que objetos/elementos de interação possam ser mais facilmente clicáveis a partir do polegar. Neste sentido, foram assim concetualizados botões com as seguintes dimensões: 110 pixéis de largura e 140 pixéis de altura (**Figura 39**). Por sua vez, também a própria forma dos botões foi baseada na própria fisionomia dos polegares do utilizador, procurando tornar estes elementos mais propícios ao toque e assim à interação (Tseng, 2012).

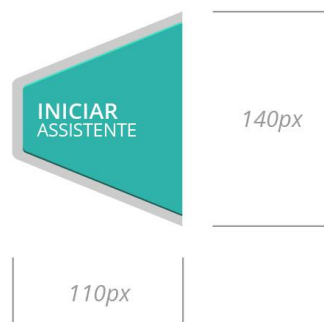


Figura 39 - Imagem ilustrativa das dimensões dos botões de ação/decisão

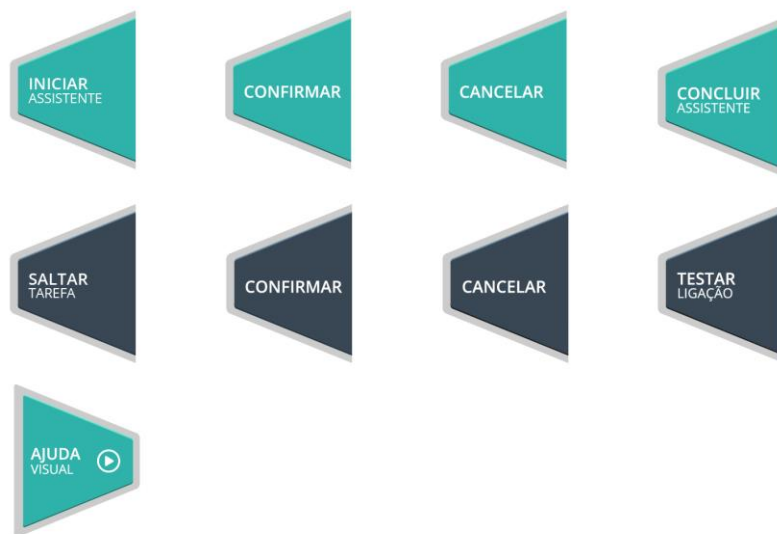


Figura 40 - Imagem ilustrativa dos botões de ação/decisão

Os botões de cor verde referem-se à área principal do protótipo mas também ao suporte visual em contexto de RA. Por sua vez, os botões de cor azul-escuro referem-se exclusivamente à área de AO.

4.4.6.6 *Splash screen*



Figura 41 - Imagem do *splash screen* do protótipo

O ecrã inicial, e imagem da aplicação, serve de ponto de partida para o protótipo. Este ilustra a imagem visual do protótipo MarvinIn com a instrução “Toque para iniciar”.

4.4.6.7 Área principal de navegação e seleção de alarmes/POIs

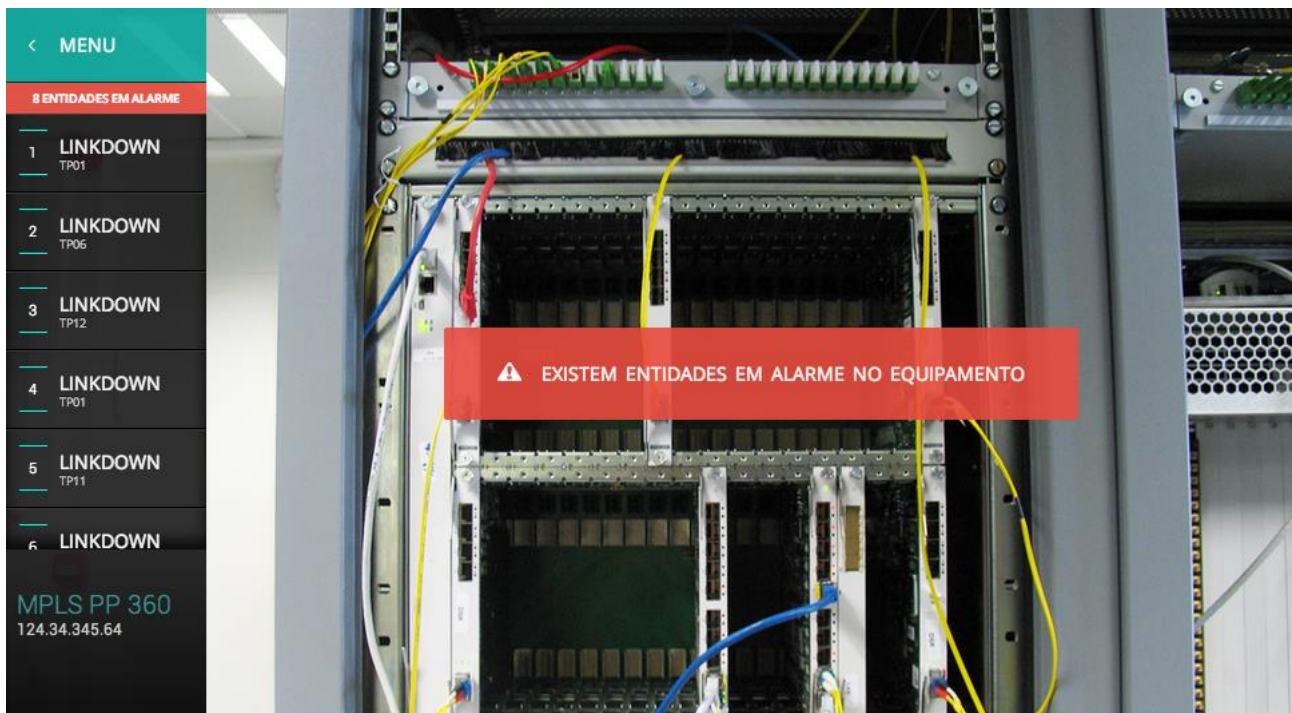


Figura 42 - Imagem ilustrativa da área principal do protótipo

A **Figura 42** representa a área principal do protótipo assim que é iniciado através do *Splash Screen*. Nesta fase inicial é assim comunicada a existência de alarmes no equipamento, através da componente de alerta geral localizada no centro do visor. Sobre o lado esquerdo encontra-se a zona de interação subjacente ao modelo proposto. Atendendo à necessidade de comunicar ao utilizador o número de alarmes existente no equipamento, a decisão passou por colocar esta informação no topo superior da Lista Simples, procurando criar uma relação mais direta entre o número de alarmes e os diferentes botões de alarme/POI's atualmente visíveis. Foi também desenvolvido nesta área um botão de acesso rápido a um menu do protótipo. Este botão foi equacionado no sentido de se poder aceder a um outro conjunto de operações possíveis dentro do protótipo, embora não se tenha justificado posteriormente no âmbito deste *use case*.

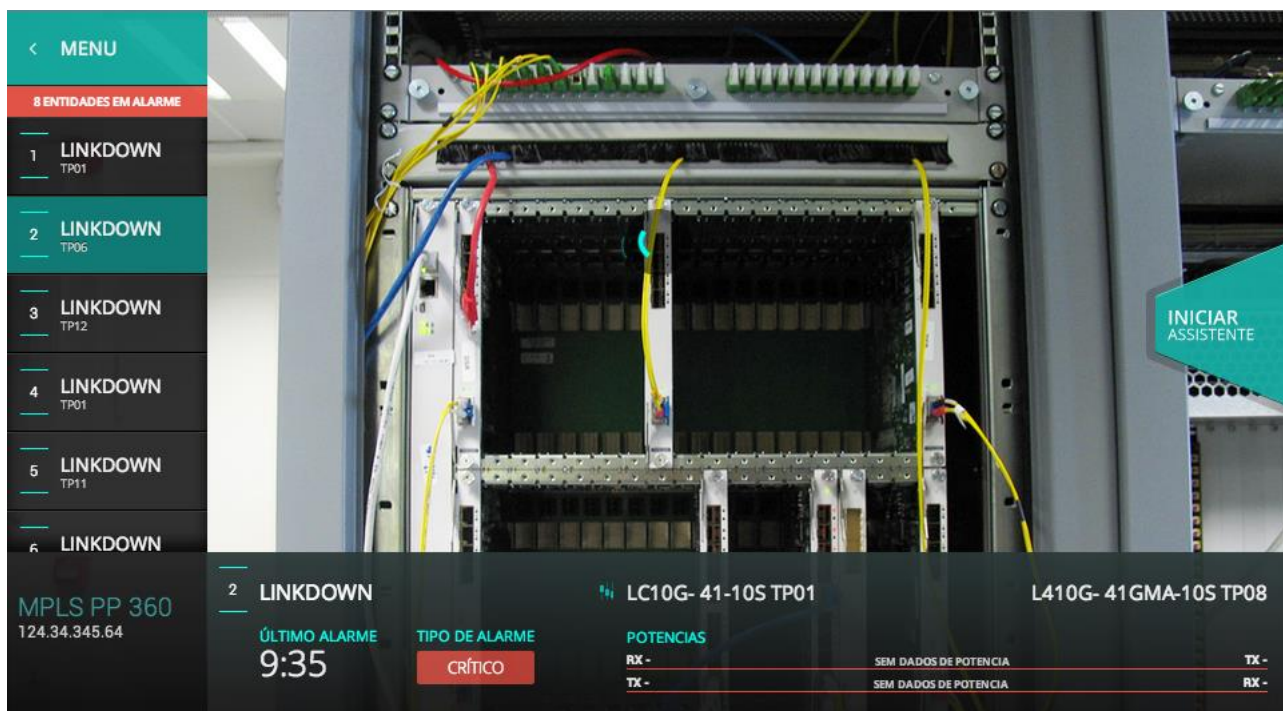


Figura 43 - Imagem ilustrativa da área principal do protótipo com um alarme/POI's selecionado

A **Figura 43** por sua vez representa a área principal do protótipo após seleção de um determinado alarme/POI's. Esta é a primeira área do protótipo a representar na sua plenitude o modelo de interação e visualização de informação proposto, compreendendo as duas áreas de interação e uma de visualização de informação.

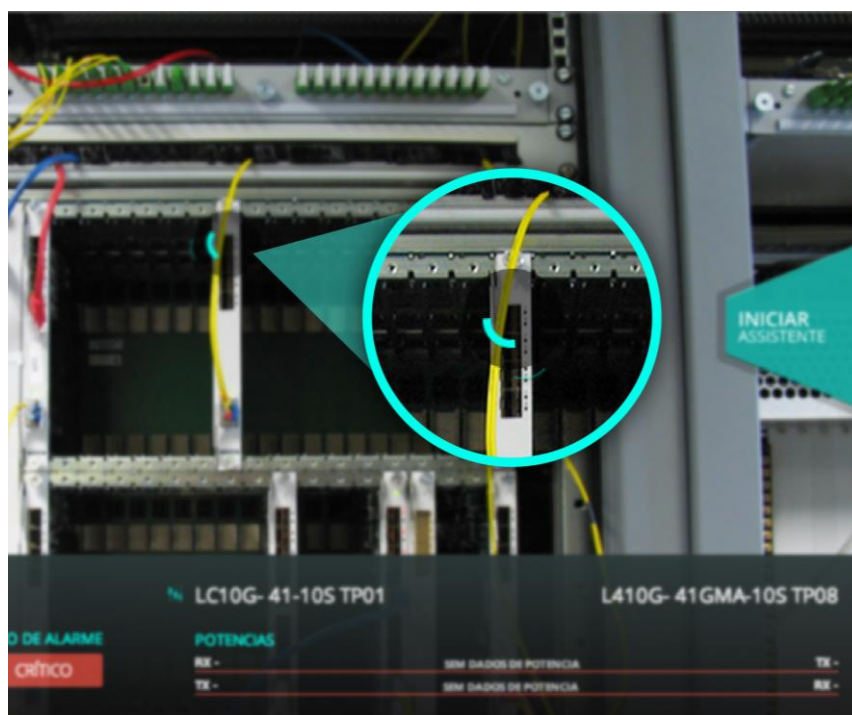


Figura 44 - Elementos circulares de identificação da localização do alarme em RA

A identificação do porto GbE em alarme é efetuada através de 2 elementos verdes (**Figura 44**), concetualizando-se a sua animação circular no sentido horário. Como forma de evidenciar estes elementos em qualquer contexto de RA, estes foram sobrepostos sobre um círculo escuro que contem alguma opacidade, procurando assim criar maior contraste para uma mais fácil e rápida localização e identificação.

4.4.6.8 Janela modal – entrada no AO



Figura 45 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: entrada no AO

Este é um dos exemplos de uma janela modal, exemplificada neste caso pela janela modal relativa à entrada no AO. As janelas modais são componentes que, devido à sua importância, se expandem a toda a largura do visor através de um fundo preto com alguma opacidade em relação ao contexto RA captado. Mais uma vez, e indo de encontra ao modelo proposto, a área de visualização encontra-se ao centro e a área de interação, neste caso, sobre o lado direito devido a uma situação de decisão ou ação por parte do utilizador. Transversalmente a todas as janelas modais, excetuando estados e conclusões de operações, é o facto de possuírem um título expressivo seguido por uma breve descrição.

4.4.6.9 Janela modal – estados da operação



Figura 46 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: operação em curso



Figura 47 - Imagem ilustrativa de uma janela modal: operação concluída

Seguindo o princípio anteriormente referido desta componente, a **Figura 46** ilustra a comunicação ao utilizador do estado de terminada operação, centrada no meio do visor e sem qualquer meio de interação. Como forma de reforçar a comunicação que a operação ainda se encontra em curso foi concetualizada uma animação (a ser incluída na fase de implementação) demonstrando esse processo. A **Figura 47** ilustra o término de uma operação com a informação relativa ao estado da mesma, compreendo determinada ação através do botão de decisão localizado na área interação esquerda.

4.4.6.10 Tarefa do AO



Figura 48 - Imagem ilustrativa de uma tarefa em contexto de RA

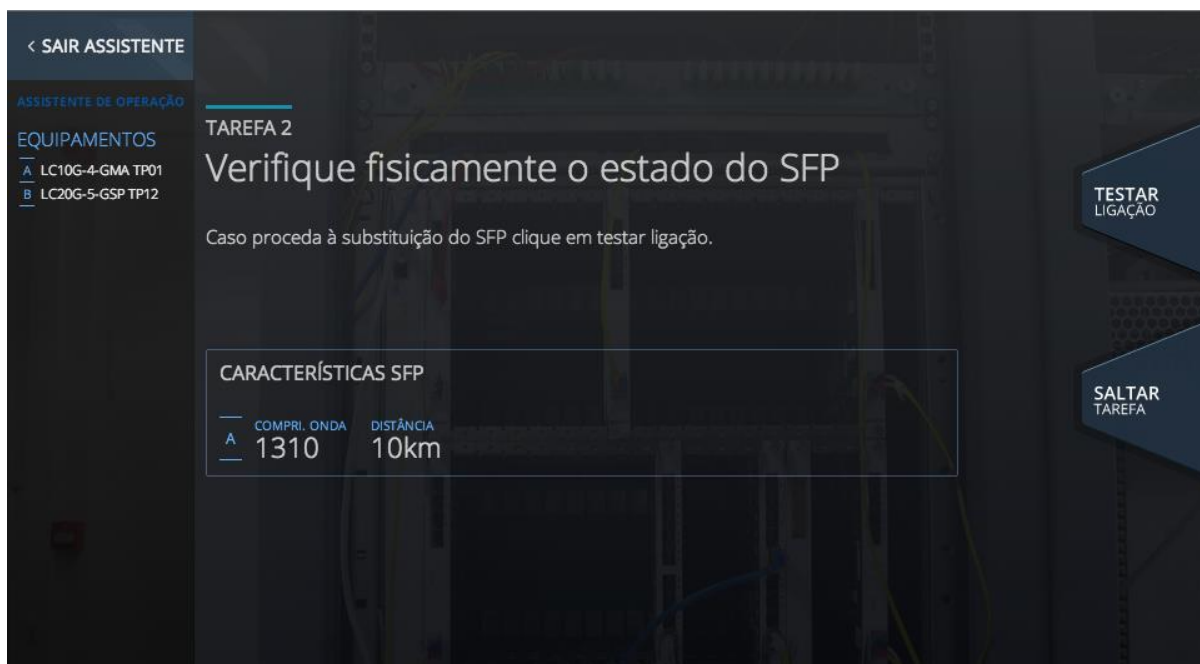


Figura 49 - Imagem ilustrativa de uma tarefa fora do contexto de RA

A **Figura 48** e **Figura 49** representam a mesma tarefa referente ao AO. Estas figuras são um exemplo dos mesmos conteúdos a serem reproduzidos em formatos e posições diferentes, tal como o modelo de visualização proposto sugere. Assim, em contexto de RA a área de visualização de informação é apresentada no fundo do visor (**Figura 48**). Já a **Figura 49** refere-se a contextos onde o recurso de RA poderá não ser pertinente, utilizando assim toda a área de visualização disponível para ilustrar essa informação relativa à tarefa em causa.

4.4.6.11 Suporte de uma tarefa em contexto de RA do AO



Figura 50 - Imagem ilustrativa de uma tarefa com suporte em contexto de RA

Este é o caso particular da única tarefa do AO que possibilita o recurso ao contexto de RA como uma ferramenta/instrumento que tem em vista uma melhoria dos processos de operação. A visualização de informação segue o modelo proposto, disposta no fundo do visor, ao passo que ao centro, e em contexto de RA, são introduzidas as instruções de operação. Estas instruções implicam que haja uma animação entre os ports GbE informando assim o utilizador como e onde deve proceder à substituição das fibras em causa.

4.4.7 Interactive design

O recurso a esta área de *Interactive Design*, diretamente relacionada com a área de *Design* de Interação (Abbas, 2010), teve como objetivo enriquecer a experiência de utilização do protótipo através de experiências visuais e interativas mais ricas e fluídas recorrendo para isso às capacidades cognitivas humanas (Curran, 2003). Neste caso particular, a preocupação passou por construir experiências que tivessem em conta não só a forma como os conteúdos aparecem mas também como estes se comportam dentro da área de visualização (Kjeldskov, 2013). Neste sentido, foi equacionada uma estratégia visual interativa que procurasse, por um lado, transmitir ao utilizador um maior sentido de interatividade mas também de proximidade e relação entre todos os conteúdos visuais, partindo-se de um princípio onde se considera que todos os elementos estão presentes, próximos e relacionados entre si, embora visualmente ocultos em determinados momentos de utilização.

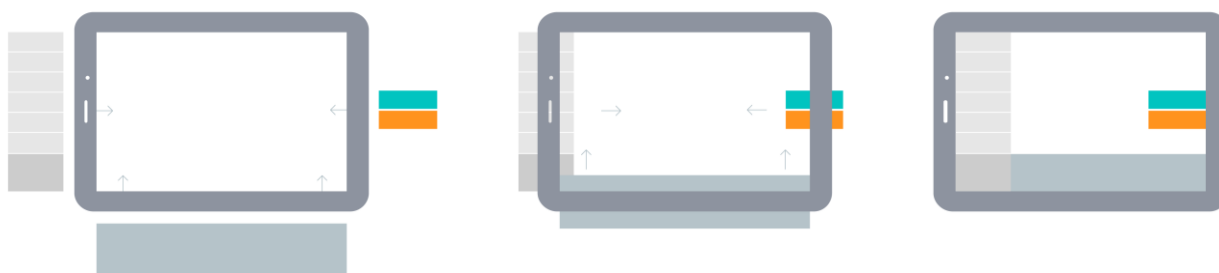


Figura 51 - Imagem ilustrativa de *interactive design*

Assim, definiu-se que todas as áreas e componentes de interação e de informação devem-se comportar como blocos ou estruturas dinâmicas que se movimentam para dentro e para fora da área de visualização através animações baseadas na direção, *timming*³³ e *easing*³⁴. A direção de entrada e saída destes elementos na área de visualização é determinada pela sua posição e localização dentro dessa área, fazendo com que, por exemplo, a área de visualização de informação localizada no fundo do visor surja no sentido baixo cima e desapareça no sentido inverso, como se ilustra na **Figura 51**. O mesmo acontece, por exemplo, com os botões de ação/decisão localizados sobre a área de interação direita, cujo seu aparecimento na área de visualização emerge através de uma animação horizontal da direita para a esquerda. Estes botões têm ainda a particularidade de terem um comportamento singular de interação e interatividade, isto é, tendo em conta que são botões de ação/decisão e que na sua maioria são sempre apresentadas 2 opções, o botão selecionado pelo utilizador vai ser o primeiro a sair da área de visualização, procurando transmitir uma resposta visual imediata da opção selecionada, enquanto os restantes botões saem apenas quando o botão selecionado já não se encontra na área de visualização.

Esta estratégia de *Interactive Design* procura adicionalmente tirar partido do que Modisett designa de *focal points* como meio de atrair e reter a atenção do utilizador sobre determinados conteúdos ou elementos visuais num determinado espaço da visualização, criando assim um foco e energia sobre as áreas/conteúdos que possuem as dinâmicas anteriormente descritas (Modisett, 2013).

4.4.8 Implementação

Esta é a fase final de todo processo de desenvolvimento do protótipo MarvIn. Esta etapa compreende todos os processos inerentes à implementação do protótipo, onde se insere a decisão relativa ao suporte aplicacional do protótipo e suas tecnologias, bem como a descrição de todos os processos, ferramentas e metodologias de desenvolvimento adotadas.

³³ Tempo decorrido entre o início e o fim da animação

³⁴ Aplicação de efeitos visuais entre o início e/ou fim da animação

A primeira etapa deste processo passou por definir o suporte aplicacional no qual o protótipo se iria basear e desenvolver. As propostas equacionadas para este suporte incidiram sobre o desenvolvimento nativo ou sobre o desenvolvimento de uma aplicação *web*. Considerando a familiaridade pessoal com a tecnologia mas também a própria compatibilidade da solução em diferentes SO, a decisão passou por desenvolver uma aplicação *web*. Atendendo a esta solução tecnológica a utilização de *web standards* foi uma decisão natural, considerando-se assim as tecnologias de HTML5, CSS3 e Javascript.

A metodologia de desenvolvimento adotada passou pela utilização de várias FW e bibliotecas de desenvolvimento *web* como forma de reduzir o tempo de desenvolvimento, o que permitiu também desenvolver uma solução com maiores níveis de organização, abstração e escalabilidade.

Assim para a estrutura do documento HTML foi utilizado um *template* de desenvolvimento previamente configurado ao nível da estrutura de ficheiros bem como outras componentes de desenvolvimento, como é o caso do CSS *reset*³⁵, designado de *html5boilerplate*³⁶. Deve ser referido que o protótipo final resulta apenas de 1 documento HTML.

Já ao nível do desenvolvimento de CSS foram utilizadas 2 FW de desenvolvimento, SASS³⁷ e Compass³⁸ nomeadamente. O SASS é uma linguagem de programação, baseada em CSS, que depois de processada dá origem aos ficheiros de finais de CSS, possuindo funcionalidades e mecanismos mais fáceis, eficientes e organizados de gestão desses conteúdos. Já em relação ao Compass, é uma FW complementar ao SASS que inclui também algumas funcionalidades úteis e práticas, sendo utilizada nesta fase essencialmente pelos seus *mixins* e pela sua capacidade de geração de prefixos de cada *browser*. Os *mixins* são componentes previamente configurados, estruturados e definidos que servem de base para determinados elementos ou componentes, podendo ser personalizados à medida de cada solução.

Também ao nível do Javascript - tecnologia responsável por toda a gestão de conteúdos gráficos e de interação com protótipo que tornou possível todo o *workflow* entre a aplicação e o utilizador – recorreu-se à FW de desenvolvimento: jQuery³⁹. O jQuery é uma FW que contém uma extensa gama de funcionalidades que permite um desenvolvimento mais rápido, organizado e eficiente de JavaScript. Adicionalmente foram consideradas as seguintes bibliotecas e bibliotecas externas de JavaScript:

- SVG.js⁴⁰: Permite realizar uma animação que demonstra ao utilizador como realizar uma tarefa. Esta animação seria muito complexa de se realizar em CSS3;

³⁵ Permite uma homogeneização dos estilos em diferentes *browsers*

³⁶ HTML5Boilerplate – <http://html5boilerplate.com/>

³⁷ SASS – Syntactically Awesome Style Sheets - <http://sass-lang.com/>

³⁸ Compass - <http://compass-style.org/>

³⁹ jQuery - <http://jquery.com/>

⁴⁰ SVG.JS - <http://www.svgjs.com/>

- `idangero.us.js`⁴¹: Permitiu desenvolver um sistema de navegação entre alarmes através do gesto de *drag*;
- Modernizr⁴²: biblioteca de deteção de *features* do *browser* de forma a verificar o suporte de determinadas componentes e incluir mecanismos de *fall-back*⁴³ caso não existam, seguindo assim princípios de *progressive enhancement*⁴⁴;

A integração de todas estas tecnologias e FW foi realizada através do *software* de desenvolvimento Sublime Text 2⁴⁵ devido à sua versatilidade, rapidez e facilidade na integração e instalação de diversos *plugins* externos que tornam a aplicação mais robusta e completa. Durante esta fase foram ainda tomadas algumas decisões importantes referentes à performance mas também à própria qualidade dos conteúdos visuais. Neste sentido, optou-se por realizar a maior parte das animações visuais através de CSS3, devido à sua capacidade de realizar estas transformações através do GPU (*Graphics Process Unit*), contribuindo assim para uma maior rapidez e fluidez desses efeitos visuais (Kool, 2012). Ao nível da qualidade visual, no que se refere às imagens utilizadas, foram utilizados maioritariamente elementos baseados no formato SVG (*Scalable Vector Graphics*), formato esse que garante uma melhor qualidade em diferentes meios e dispositivos de visualização (Bushell, 2012).

Ainda nesta fase, e no que diz respeito ao modelo de visualização de informação proposto, foi decidido que a transição visual entre os contextos de RA e fora de RA, deveria ocorrer entre os ângulos de -45 e 45 graus, isto é, dentro desse intervalo angular o protótipo assume que o utilizador se encontra em contexto de RA. O cálculo constante deste ângulo é efetuado através de JavaScript.

Durante toda esta fase de implementação, e de uma forma geral, a abordagem adotada passou, grande parte, pela utilização de FW e bibliotecas de desenvolvimento, recorrendo sempre a técnicas e metodologias que procurassem uma boa organização, gestão e manutenção de todo o código desenvolvido, tendo em vista uma maior agilização de todos os processos inerentes a este desenvolvimento.

⁴¹ iDangero.us.js - <http://www.idangero.us/sliders/swiper/>

⁴² Modernizr: *The feature detection library for HTML5/CSS3* - <http://modernizr.com/>

⁴³ Metodologia que providencia formas ou meios alternativos que garantam o acesso a determinados conteúdos ou funcionalidades, independentemente das capacidades do *browser*

⁴⁴ Metodologia e estratégia de desenvolvimento *web* focada na acessibilidade e semântica

⁴⁵ Sublime Text - <http://www.sublimetext.com/>

5 Recolha e análise de dados: avaliação e validação dos modelos

Este capítulo deriva do culminar de um processo metodológico que tem como objetivo a avaliação e validação dos modelos propostos e subjacentes ao protótipo funcional MarvIn. Adicionalmente, foram também considerados para esta fase de avaliação e validação 2 modelos específicos de visualização de informação, sendo oportunamente aqui apresentados e descritos.

Esta etapa metodológica tem em vista evidenciar e identificar todo um conjunto de especificidades técnicas e concetuais que foram bem conseguidas, mas acima de tudo identificar determinados aspetos que necessitem de ser melhorados e eventualmente reformulados.

Para esta etapa foram utilizadas algumas ferramentas metodológicas de avaliação, como é o caso dos inquéritos pré-teste e os guiões de entrevista previamente referidos. Foram concebidas igualmente *checklists* (**Anexo VI** - *Checklist* de planeamento de avaliação) direcionadas ao apoio, suporte, preparação e condução de ambos os momentos de avaliação.

Numa fase inicial, procede-se à caracterização dos indivíduos que participaram em ambos os momentos e processos de avaliação. Esta caracterização teve como objetivo evidenciar determinados aspetos sociodemográficos, mas também de cariz técnico e de familiaridade com a própria tecnologia, que pudessem de certa forma estar relacionados com os resultados obtidos. Os próprios espaços/ambientes onde decorreram os testes de avaliação são também aqui apresentados e descritos.

Posteriormente são apresentados todos os dados obtidos através das ferramentas de recolha de dados adotadas para os diferentes momentos de avaliação. Para a análise de dados resultantes dessa recolha foi utilizado o *software* de análise estatística SPSS bem como o Microsoft Excel. A utilização destas ferramentas permitiu uma análise mais profunda e detalhada de todos estes dados possibilitando assim extrair ligações e relações entre estes.

5.1 Caracterização dos participantes

A avaliação e validação efetuada tiveram por base uma amostra de 9 indivíduos, segmentada em 2 grupos: um de técnicos e outro de técnicos especialistas. Esta caracterização resulta da aplicação do inquérito pré-teste que se encontra no **Anexo I** - Questionário de caracterização dos participantes.

Os indivíduos apresentados nesta amostra são todos do sexo masculino, cuja variação de idades se compreende entre os 28 e 53 anos e a média situada nos 37 anos. O grupo que apresenta idades inferiores é o grupo de técnicos. Em termos de formação, o grupo de técnicos especialistas apresenta um maior nível de formação académica, com níveis de graduação base de licenciatura. Por sua vez, o grupo de técnicos apresenta habilitações maioritariamente de ensino secundário e profissional.

Por fim e no que se refere à relação destes indivíduos com dispositivos móveis, constatou-se que todos eles já tinham interagido com dispositivos *tablet*, cuja frequência de utilização se demonstrou ser maior no grupo de técnicos, utilizando estes dispositivos mais do que 5 horas por semana, ao contrário do grupo de especialistas onde 2 participantes referiram que não utilizavam estes dispositivos com regularidade e os restantes variam essa utilização entre 1 hora semanal a mais do que 5 horas.

De uma forma geral, constatou-se que todos os indivíduos já possuíam alguma familiaridade com a tecnologia de *multitouch* mas também com os próprios dispositivos *tablet*.

5.2 Cenários de teste

A avaliação decorreu ao longo de dois dias consecutivos, tendo início ao meio da manhã e término a meio da tarde. O tempo médio para a realização de ambas as componentes de avaliação – protótipo e modelos de visualização de informação - foi estimado em cerca de 30 minutos. Estas avaliações realizaram-se em 2 espaços distintos. Para a avaliação dos modelos de visualização de informação foram utilizadas salas e espaços de reuniões, pelo facto de serem ambientes mais calmos e sossegados em termos de movimento de pessoas e ruído sonoro, possibilitando assim uma maior concentração dos participantes na realização da avaliação. Já o teste do protótipo foi realizado num cenário típico/caraterístico de manutenção de equipamentos de telecomunicações. A forma como estes espaços estão estruturados – em corredores com diversos bastidores de equipamentos – não permite uma fácil movimentação e facilidade de atuação devido à proximidade entre os corredores. Este facto acabou por influenciar de forma negativa o registo em vídeo da avaliação, não tendo sido possível garantir uma posição ótima de registo. Para minimizar este constrangimento, foi utilizada uma lente com ângulo de visão alargado e um tripé, procurando assim captar e registar todas as interações do utilizador com o dispositivo mas também para com o equipamento.

5.3 Resultados da avaliação: MarvIn

Os resultados que se apresentam de seguida derivam de um guião composto por 9 tarefas e 8 questões, tendo como objetivo avaliar a validade do modelo de interação e visualização de informação proposto. Este guião pode ser consultado no **Anexo II** - MarvIn: Guião de avaliação.

Em relação às tarefas, estas impunham a realização de determinadas instruções por parte dos participantes, como forma de se poder identificar e analisar eventuais lacunas ou falhas ao nível da interação e visualização de informação resultantes da interação com o protótipo. Por sua vez, as questões introduzidas ao longo da avaliação permitiram conhecer e avaliar a compreensão que os utilizadores têm sobre o contexto aplicacional onde se encontram.

Durante esta fase de avaliação, procurou-se igualmente registar e observar os seguintes indicadores e comportamentos, à luz de alguns dos princípios sugeridos por Dix et al. (2004) para a avaliação de produtos ou serviços ao nível da sua usabilidade:

- Tempos de resposta às questões
- Qualidade e validade das respostas
- Tempos de execução das tarefas
- Questões e/ou dúvidas colocadas
- Necessidade de ajuda à execução de tarefas
- Sucesso/insucesso na execução de tarefas
- Comentários positivos, negativos e/ou neutros
- Forma como é manuseado o dispositivo
- Orientação preferencial dispositivo
- Como é realizada a interação com o dispositivo
- Outros comportamentos não verbais: felicidade, surpresa, frustração, impaciência entre outros

Nesta fase inicial deve ser referido que não foram identificadas diferenças substanciais entre os 2 grupos de utilizadores, pelo que os resultados que se apresentam de seguida referem-se sempre à totalidade da amostra.

De uma forma geral, e em relação às questões colocadas, grande parte dos participantes responderam satisfatoriamente, com cerca de 96% de respostas corretas e 4% de respostas incorretas, como se ilustra no **Gráfico 3**.

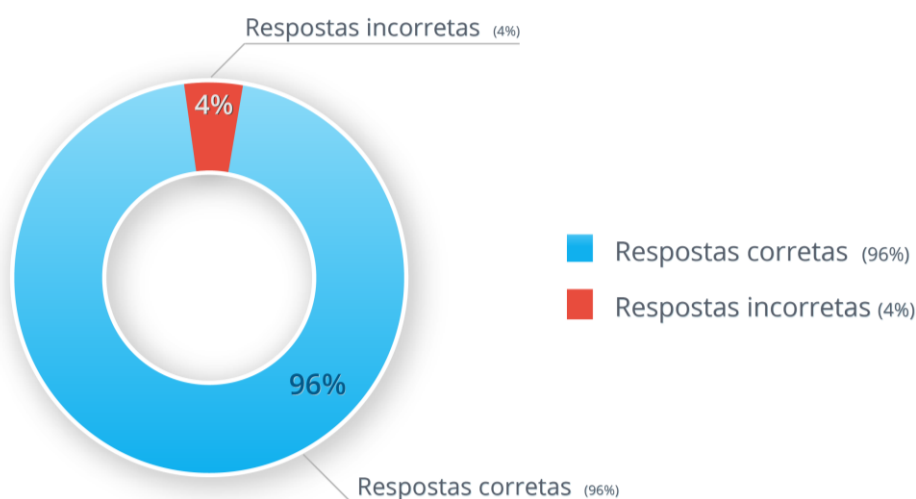


Gráfico 3 - Gráfico relativo à percentagem de respostas corretas e incorretas do guião de questões

A questão que gerou mais dúvidas entre os participantes, e em alguns casos motivou respostas erradas, foi a questão relativa à identificação do número de entidades em alarme no equipamento. O elemento visual que continha esta informação passou despercebido para a maioria dos participantes sendo que nem a quantificação destes através da navegação na lista de alarmes

foi determinante para um maior número de respostas corretas. O comportamento adotado por alguns dos participantes nesta questão passou por contabilizar os alarmes visíveis da listagem de alarmes, gerando desta forma respostas incorretas.

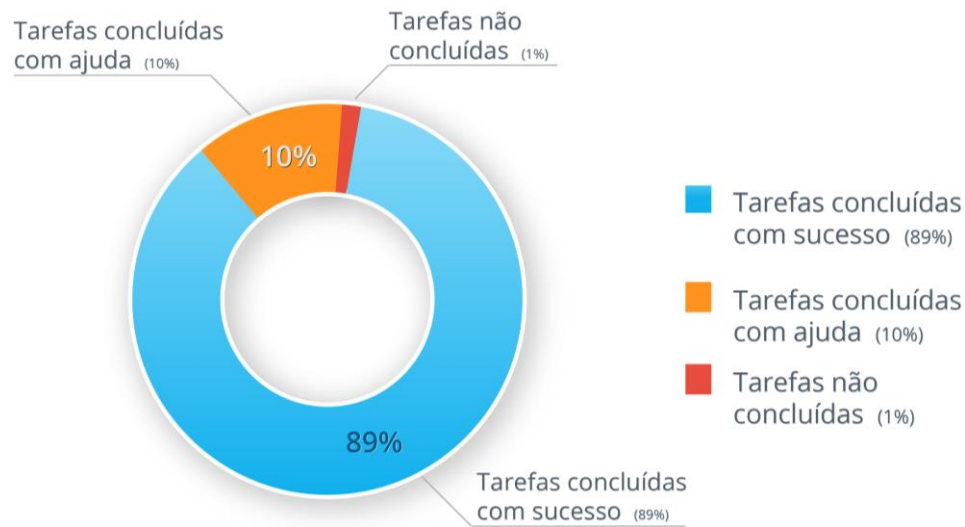


Gráfico 4 - Gráfico ilustrativo da percentagem de tarefas concluídas com sucesso, concluídas com ajuda e tarefas não concluídas

Já em relação ao sucesso na realização de tarefas, os resultados continuam a ser relativamente satisfatórios, tendo-se registado uma taxa de conclusão de tarefas com sucesso de 89%, 10% de tarefas concluídas com ajuda e 1% de tarefas não concluídas. A representação visual destes índices é representada no **Gráfico 4**.

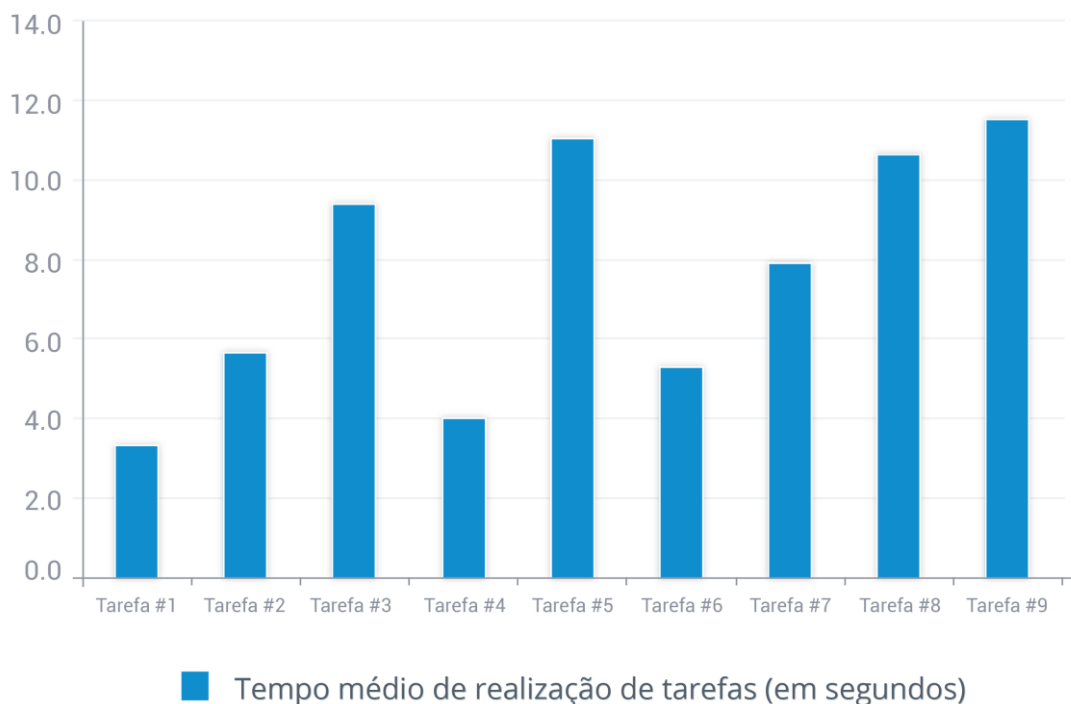


Gráfico 5 - Gráfico ilustrativo dos tempos médios de realização das tarefas em segundos

Ao nível dos tempos médios de execução de tarefas, ilustrado no **Gráfico 5**, registou-se que as seguintes tarefas tiveram tempos de execução mais elevados:

- Iniciação do AO (Tarefa 3);
- Verificar fisicamente o estado do SFP e atuar em conformidade (Tarefa 5);
- Identificar visualmente os portos onde deve ser efetuada a troca de fibras (Tarefa 8);
- Verificar se a ligação ao equipamento foi reposta (Tarefa 9);

Por sua vez, as tarefas onde se registou maior insucesso na sua resolução ou conclusão foram as seguintes:

- Verificar fisicamente o estado do SFP e atuar em conformidade (Tarefa 5): alguns participantes tiveram alguma dificuldade em perceber a tarefa, não compreendendo que ação deveriam tomar após constatar que as características do SFP eram iguais às apresentadas no protótipo, apesar de haver indicações na tarefa de como proceder neste caso;
- Identificar visualmente os portos onde deve trocar as fibras entre equipamentos: esta tarefa gerou alguma incerteza em alguns participantes, no que diz respeito à identificação do botão para este efeito;
- Botão de saída do contexto simulado de RA na última tarefa: alguns dos participantes não identificaram o botão relativo à saída de RA para retornar à tarefa em questão;

Do ponto de vista das análises efetuadas ao modelo de interação e visualização de informação em estudo, os resultados obtidos são satisfatórios.

Assim, e em termos de interação, os participantes apresentaram formas semelhantes de segurar no dispositivo, indo de encontro ao suporte de “two-hands grip” definido por Mora et al. (2012). Através deste suporte os participantes colocaram ambas as mãos sobre as laterais do dispositivo fazendo com que os polegares se situassem sobre as zonas de interação definidas. Sempre que houve necessidade de interagir fisicamente com o equipamento, esta interação era sempre realizada através da mão direita, sendo o suporte ao dispositivo assegurado pela mão esquerda. Sublinha-se, assim, que estes participantes não sentiram a necessidade de, perante as tarefas propostas, pousar o dispositivo, apesar de haver uma bancada na proximidade destinada para esse efeito.

No área principal do protótipo onde são listados os alarmes do equipamento, 7 dos 9 participantes realizaram a interação através dos polegares e nas devidas zonas de interação realizando desta forma as seguintes operações: 1) navegação entre alarmes; 2) seleção de alarme; 3) entrada no AO. Na operação de navegação entre alarmes, efetuada através do gesto de *drag*, foram registados comportamentos de precaução e por vezes de impasse, no entanto não foram registados ou observados entraves à navegação nesta lista através do polegar. Já na última

operação – entrada no AO – foram observados os seguintes comportamentos de interação que se prolongaram durante o restante processo de avaliação:

- 4 dos participantes continuaram a seguir os princípios do modelo de interação;
- 2 dos participantes realizaram a interação recorrendo exclusivamente ao indicador direito;
- 3 dos participantes recorreram, pontualmente, ao indicador direito apenas para aceder às áreas de interação sobre o lado esquerdo. Deve ser referido que esta é a interação realizada para proceder à saída do AO (Tarefa 6) bem como para a saída do apoio visual em contexto de RA (Tarefa 8);

Atendendo a estes comportamentos díspares de interação, considerou-se pertinente analisar mais aprofundadamente estes dados e a sua possível relação com a execução de tarefas, neste momento de avaliação em particular - entrada e realização de tarefas no AO. Esta análise passou pela segmentação destes participantes em grupos (com base nesses comportamentos de interação adotados). De salientar que, apesar de 3 participantes terem apenas utilizado o dedo indicador como meio de interação em 2 momentos específicos (Tarefa 6 e Tarefa 8), estes foram compreendidos num grupo à parte. De seguida, identificam-se e apresentam-se estes grupos:

- Grupo 1: Interação realizada exclusivamente pelos polegares;
- Grupo 2: Interação realizada através dos polegares e pontualmente realizada pelo indicador direito;
- Grupo 3: Interação realizada exclusivamente pelo indicador direito;

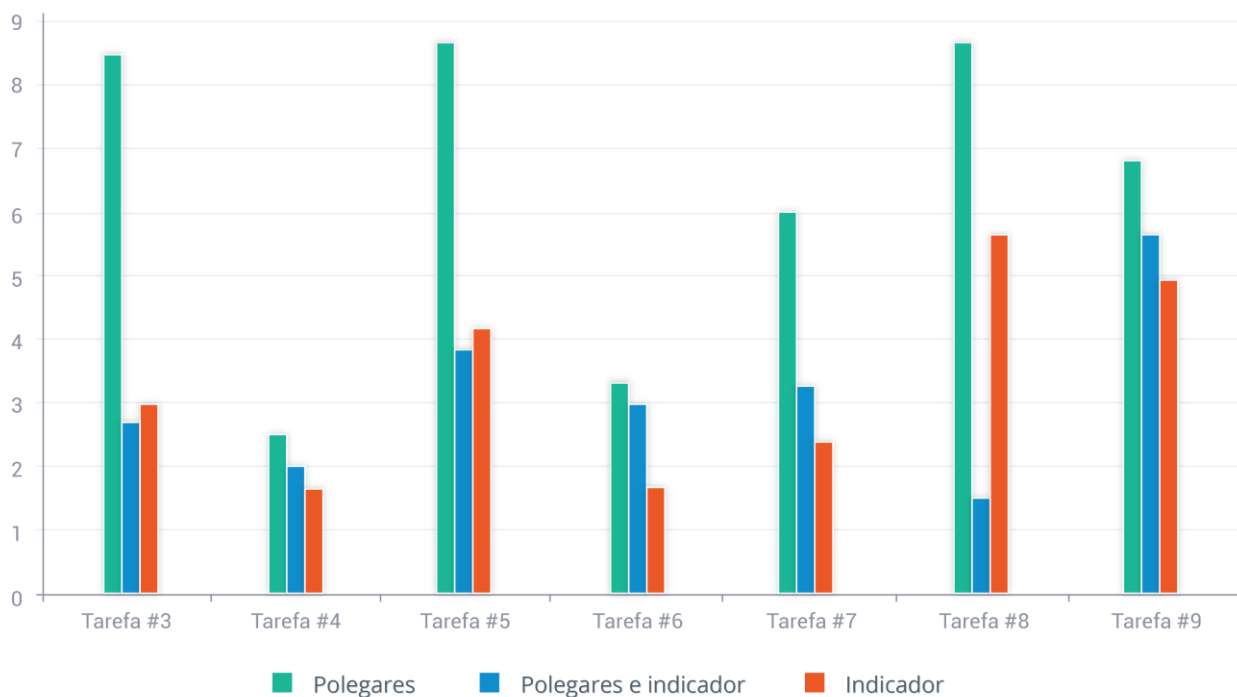


Gráfico 6 - Tempo médio (em segundos) de concretização de tarefas com base em 3 grupos de interação

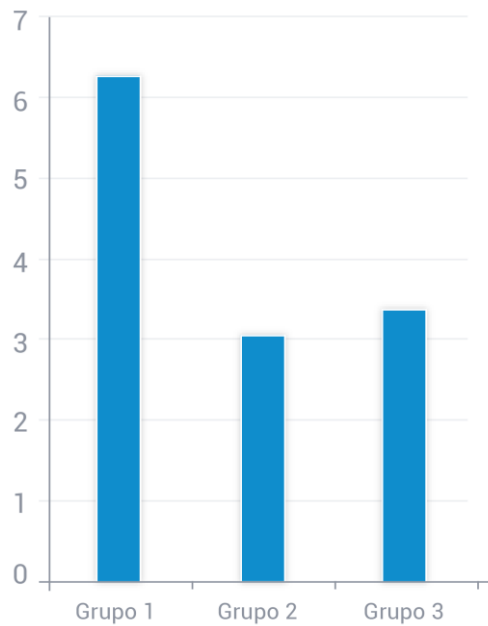


Gráfico 7 - Tempo médio (em segundos) de concretização de todas as tarefas com base em 3 grupos de interação

A primeira análise efetuada teve como objetivo verificar o tempo de execução das tarefas tendo em conta o comportamento de interação adotado. Como é ilustrado no **Gráfico 6** e reforçado no **Gráfico 7**, o tempo de interação do Grupo 1 é substancialmente superior a todos os restantes grupos. Estes dados podem ser explicados pela dispersão de registos de determinados participantes que possuem tempos médios de conclusão elevados, acabando por afetar negativamente a média obtida e representada nesta análise. Por sua vez, o Grupo 2 e Grupo 3 apresentam tempos médios de realização de tarefas bastante semelhantes entre si, salvo a exceção da tarefa 8, em que apesar de utilizarem o mesmo meio de interação – dedo indicador direito - o Grupo 2 consegue mais rapidamente identificar os portos onde se deve proceder à substituição de fibras.

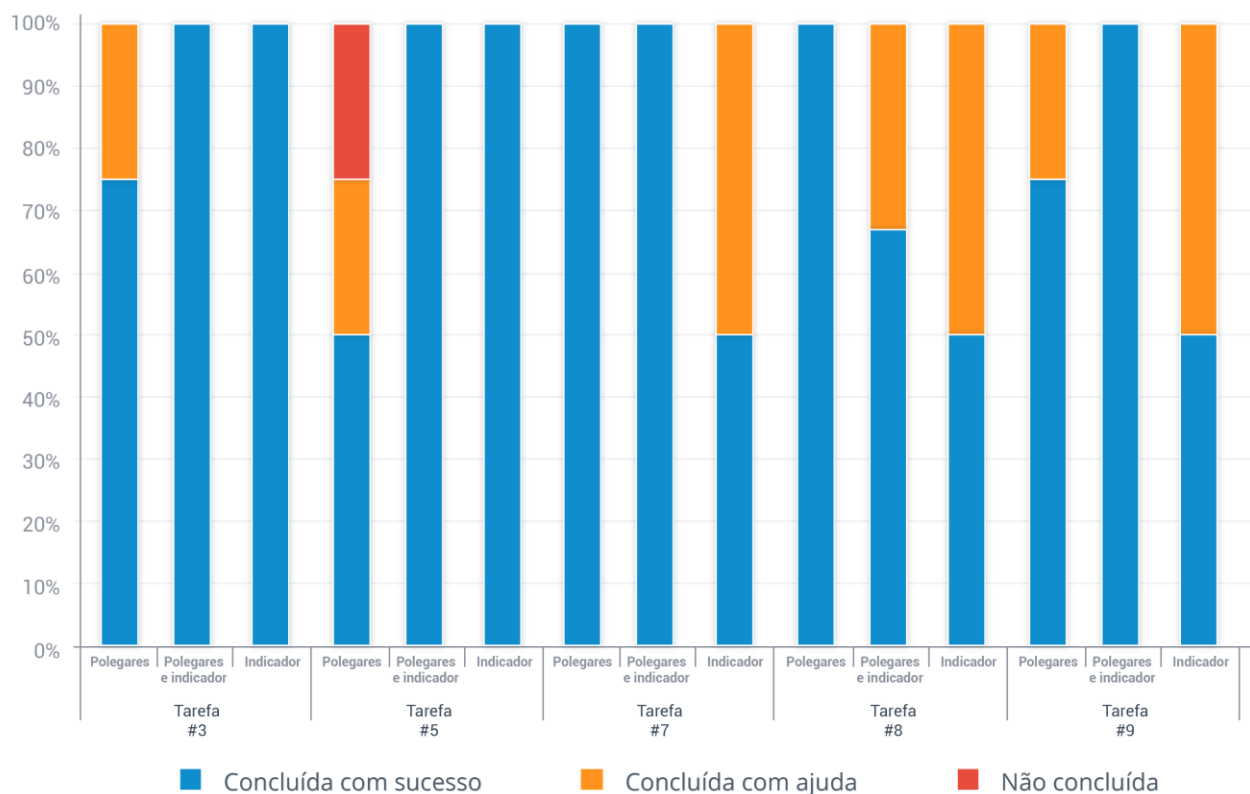


Gráfico 8 - Taxa de conclusão de tarefas(em percentagem) por Grupos e por tarefas

Em relação à taxa de conclusão de tarefas com base no comportamento de interação adotado, representada no **Gráfico 8** (que ilustra apenas as tarefas em que se registaram dificuldades de resolução em todos os grupos), verifica-se que o Grupo 1 teve maiores necessidades de apoio nas tarefas 3, 5 e 9 e, no caso da Tarefa 5, existiram tarefas não concluídas com sucesso. Por sua vez, o Grupo 2 apresenta apenas dificuldades na execução da tarefa 8. Já o Grupo 3 apresenta dificuldades na execução das tarefas 7, 8 e 9.

Numa perspetiva descritiva e analítica em relação aos dados apresentados anteriormente, salienta-se que a maioria dos participantes demonstrou um grande à vontade nas interações realizadas sobre as laterais do dispositivo, sobretudo na zona de interação posicionada à direita. Observou-se também que o grupo de técnicos seguiu uma linha de interação mais consistente com o modelo de interação proposto.

Relativamente às questões relacionadas com o comportamento de interação, não foram registadas evidências estatísticas relevantes e de causalidade que permitam inferir sobre o impacto que o comportamento de interação exerce sobre o tempo de execução das tarefas e sobre o seu sucesso.

Já em termos gerais de visualização de informação, foram identificados alguns problemas referentes a questões de desenho e de usabilidade, em que se destacam:

- Informação relativa ao número total de alarmes: esta informação passou despercebida para a maioria dos participantes, sendo que nem a própria cor de fundo utilizada serviu de reforço visual para salientar esta informação;
- Botão de apoio visual: a designação deste botão não foi clara para a maioria dos participantes, que não associaram este botão a uma ação de ajuda para a tarefa em causa;
- Botão de saída do AO: a maioria dos participantes teve dificuldades em localizar este botão, apesar de se encontrar no mesmo local que o botão de saída do AO, já anteriormente utilizado;
- Leitura de informação: alguns participantes destacaram a falta de legibilidade de alguns elementos informativos.

Por fim, e em relação ao modelo de visualização de informação proposto, observou-se que 6 participantes optaram por realizar grande parte da avaliação com o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo, ao contrário dos restantes 3 que efetuaram a avaliação com o dispositivo alinhado verticalmente ao equipamento. Apesar de terem sido fornecidas indicações aos participantes para iniciarem o protótipo com o dispositivo alinhado verticalmente ao equipamento, procurando assim demonstrar e simular o contexto de RA, 6 destes participantes acabaram por, de forma natural, alinhar o dispositivo horizontalmente ao solo assim que foi iniciado AO, optando por esta posição e suporte quando o contexto de RA é um elemento secundário à execução de determinadas tarefas. Deve ser também referido que, na tarefa que solicita a troca de fibras entre equipamentos (Tarefa 8) e em que era possível identificar os ports GbE em questão através da funcionalidade de apoio visual, a maioria dos utilizadores optou por alinhar o dispositivo verticalmente ao equipamento como forma de estabelecer âncoras visuais sobre os ports identificados na visualização.

De referir ainda que durante a condução desta avaliação foi possível observar que, por vezes, devido à orientação que os participantes faziam do dispositivo, a oscilação entre ambos os modelos ocorria num curto espaço de tempo, dificultando, em parte, a própria visualização de informação.

Semelhante à análise realizada ao nível de interação, também foi efetuado um estudo mais aprofundado no sentido de procurar relações existentes entre o modelo de visualização adotado no AO e a taxa de conclusão de tarefas bem como os próprios tempos de execução dessas tarefas.

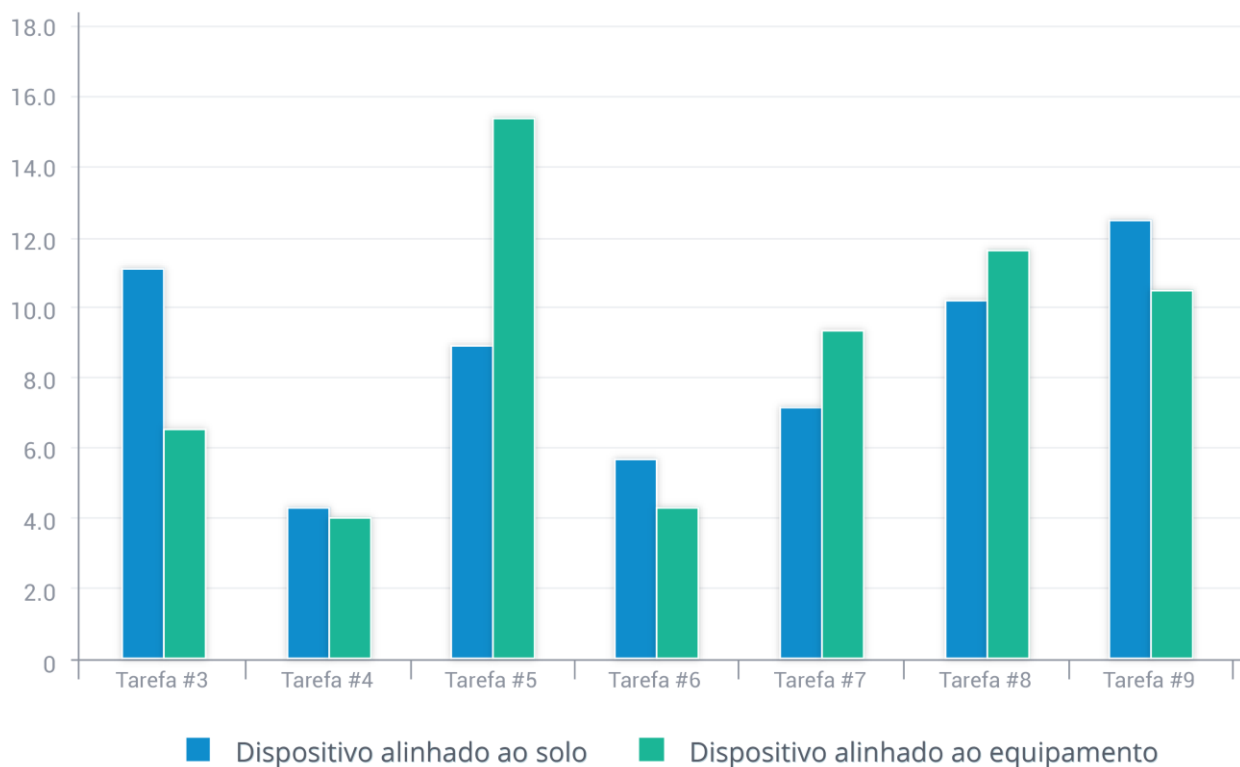


Gráfico 9 - Tempo médio (em segundos) de concretização de tarefas com base no modelo de visualização adotado

Analisando o **Gráfico 9**, e uma forma geral, constata-se que não se registaram grandes diferenças em termos do modelo adotado e o tempo de execução de tarefas. Em particular, a Tarefa 3 evidencia que, em média, os participantes que optaram por colocar o dispositivo alinhado ao solo demoraram mais tempo a iniciar o AO. Por sua vez, e na tarefa 5 – verificar fisicamente o estado do SFP e atuar em conformidade –, os participantes que optaram pelo modelo em que o dispositivo se encontra alinhado ao equipamento demoraram mais tempo a concluir esta tarefa.

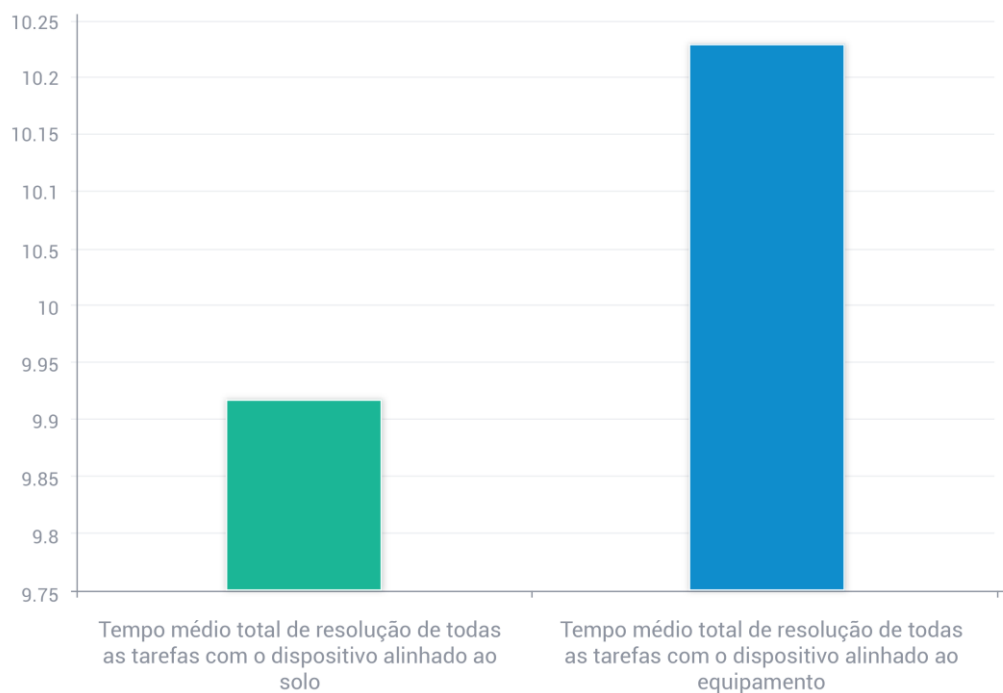


Gráfico 10 - Tempo médio (em segundos) de conclusão de todas as tarefas baseado no modelo de visualização adotado

Já em relação ao tempo médio de conclusão de todas as tarefas (**Gráfico 10**), observa-se uma ligeira subida do tempo médio por parte do grupo de participantes que optou por colocar o dispositivo alinhado ao equipamento. No entanto, a reduzida ordem de grandeza desta diferença não permite concluir ou inferir qualquer relação entre o modelo de visualização e o tempo de conclusão das tarefas.

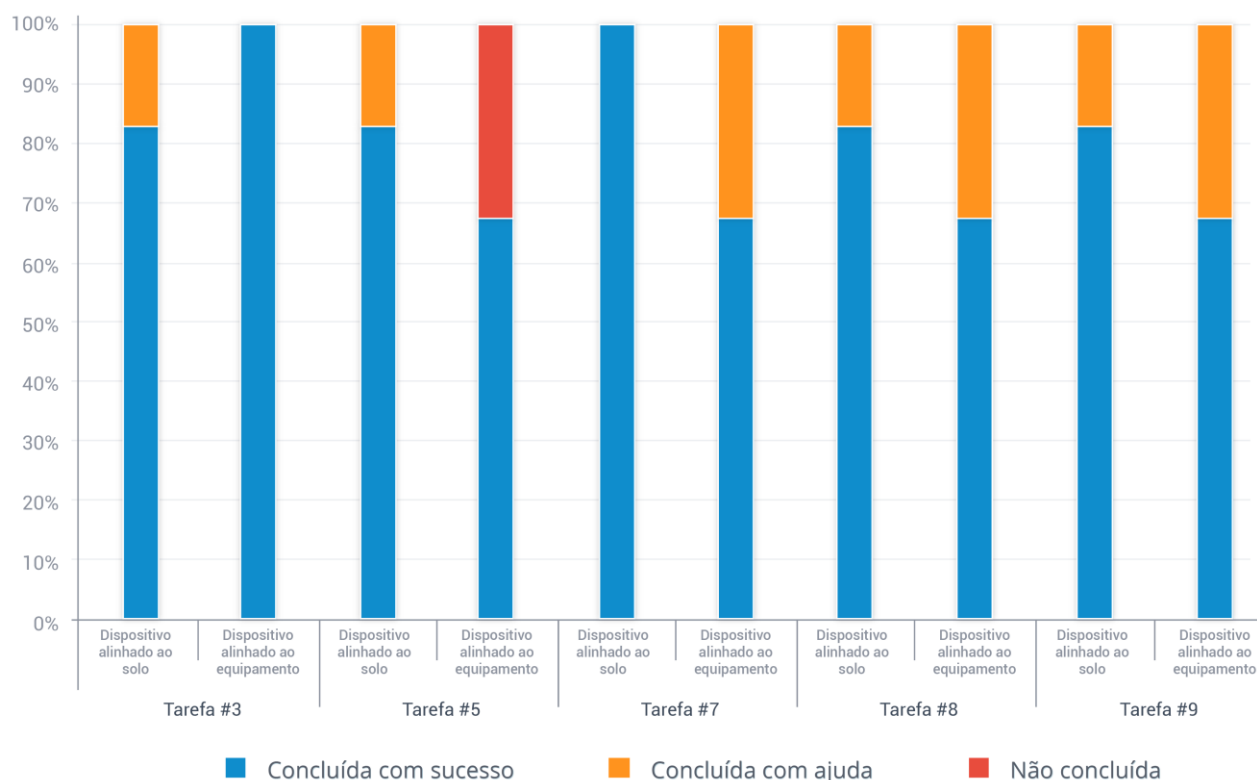
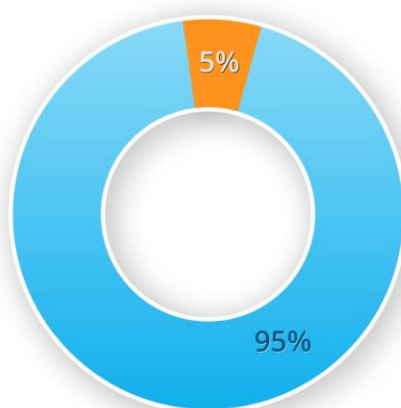


Gráfico 11 - Taxa de conclusão de tarefas (em percentagem) por modelo de visualização adotado nas quais se registaram dificuldades de realização

Por sua vez, a análise da taxa de conclusão de tarefas (em percentagem), com base no modelo de visualização adotado e em função das tarefas colocadas (**Gráfico 11**), evidencia algumas dificuldades de conclusão de tarefas por parte do grupo de participantes que optou por colocar o dispositivo alinhado ao equipamento, tendo-se registando o caso de um participante que não conseguiu concluir com sucesso a Tarefa 5.



- Taxa de conclusão de tarefas com sucesso (95%)
- Taxa de conclusão de tarefas com ajuda e de tarefas não concluídas (5%)

Gráfico 12 - Taxa de percentagem de conclusão de tarefas - Modelo de visualização de informação com o dispositivo alinhado ao solo



Gráfico 13 - Taxa de percentagem de conclusão de tarefas - Modelo de visualização de informação com o dispositivo alinhado ao equipamento

Aprofundando um pouco mais esta análise, relativa à taxa de conclusão de tarefas com base no modelo adotado, foi efetuado um estudo onde se procura determinar qual o modelo de visualização de informação em que se regista uma maior percentagem de tarefas não concluídas ou tarefas concluídas com ajuda. Os dados desta análise, ilustrados no **Gráfico 12** e **Gráfico 13**, demonstram que o modelo de visualização baseado no alinhamento ao solo do dispositivo teve uma taxa de sucesso de cerca de 95%, ao contrário do modelo baseado no alinhamento do dispositivo ao equipamento, que teve uma taxa de sucesso de 81%, situando assim a percentagem de não conclusão ou conclusão com ajuda nos 19%.

De uma forma geral, os participantes que optaram por colocar o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo apresentaram um maior à vontade e confiança na realização das diferentes tarefas, tendo-se registado um maior sucesso na realização das mesmas. Por sua vez, conclui-se também que o tempo de realização de tarefas poderá não estar diretamente relacionado com o modelo de visualização utilizado.

5.4 Resultados da avaliação: modelos de visualização de dados selecionados

Atendendo à diversidade concetual dos modelos de visualização de dados, mas sobretudo à pertinência de investigação considerada, foram selecionados adicionalmente 2 modelos de visualização de dados para esta fase de avaliação e validação: *Dynamic bars* e *Formas numéricas dinâmicas*. A estes modelos estão subjacentes *use cases* específicos, que pressupõem a existência de 2 equipamentos de rede como meio de estabelecer pontos de comparação e análise de ambos os modelos. Foram criados, no total, 4 cenários de avaliação referentes a 3 variantes do modelo de *Formas numéricas dinâmicas* e 1 referente ao modelo de *dynamic bars*. A avaliação destes modelos

e suas variantes foi baseada num guião de questões, disponível no **Anexo V** - Modelos de visualização de dados: guião de questões – participantes.

Em termos de desenho gráfico, estes modelos seguiram a linha e identidade gráfica definida para o protótipo MarvIn.

Também aqui não foram registadas diferenças entre os grupos, pelo que os resultados apresentados focam-se na totalidade da amostra.

De seguida procede-se à apresentação, descrição e avaliação de ambos os modelos selecionados.

5.4.1 *Dynamic bars*

O modelo *Dynamic bars* pressupõe que cada equipamento de rede tem associado a si 3 tipos de indicadores: RAM (Random-access Memory), performance e portas ativas. Este *use case* foi delineado para que estes 3 indicadores estivessem diretamente relacionados entre si, no sentido em que, caso algum destes indicadores esteja abaixo ou acima de uma determinada média, os restantes indicadores fossem também eles afetados na forma como são representados, indo desta forma ao encontro dos princípios basilares deste modelo.



Figura 52 - Imagem ilustrativa do modelo de *dynamic bars* aplicada ao *use case*

Cada equipamento de rede encontra-se assim disposto sobre uma linha horizontal em relação ao outro, onde são representados os indicadores comuns a ambos os equipamentos. Tal como foi evidenciado na apresentação anterior deste modelo, a legendagem era um elemento fulcral e determinante para a sua compreensão. Neste sentido desenvolveu-se a proposta, ilustrada na **Figura 52**, onde este elemento é posicionado abaixo da linha que representa o último equipamento, através de um elemento retangular cuja dimensão representa a média na qual o indicador em causa se deve situar. Esta relação entre a designação do indicador e o próprio indicador é reforçada pelo recurso à cor de fundo de ambos os elementos.

A forma como este modelo foi adaptado, permite não só compreender os indicadores associados a um equipamento, mas também comparar visualmente o mesmo indicador em relação a outro(s) equipamento(s).

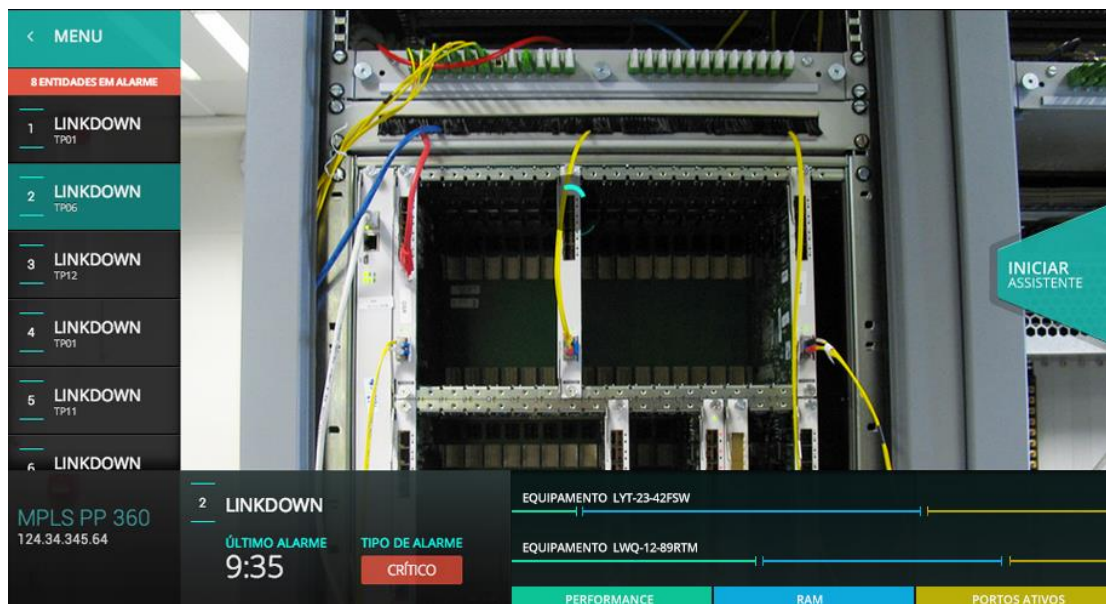


Figura 53 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: *dynamic bars*

Em termos de desenho gráfico deste modelo, ilustrado na **Figura 53**, um dos grandes desafios passou pela legibilidade dos seus conteúdos informativos, sendo necessária a utilização de cores fortes bem como a utilização de um maior espaço na área relativa à visualização de informação.

Para a avaliação deste modelo foram colocadas 5 questões aos participantes. Estas questões tinham como objetivo determinar a compreensão do modelo como um todo, através da determinação dos seguintes índices:

- Associação da cor ao indicador;
- Quantificar o número de equipamentos no modelo;
- Determinar diferenciais de indicadores específicos;
- Compreensão de médias de indicadores;
- Análise geral dos dados ilustrados no modelo.

Após a análise de dados, constatou-se que todos os participantes conseguiram identificar com sucesso a cor associada ao indicador de performance, sendo constatado ao mesmo tempo o diferencial deste indicador no 2º equipamento, quando questionados acerca de qual o equipamento que possuía uma performance acima da média. A identificação do equipamento cujos portos ativos se encontra perto da média foi relativamente clara para os participantes, salvo alguns entraves à compreensão do conceito de média, abordado mais à frente. Também a própria quantificação de equipamentos representada no modelo foi perceptível para todos os participantes.

Já ao nível da interpretação dos indicadores como um todo, transmitida aos participantes através de uma pergunta aberta, a maioria conseguiu interpretar toda a informação, relacionando e inferindo comparações e análises entre os diferentes equipamentos.

No entanto, as principais dúvidas e questões que surgiram no decorrer da avaliação deste modelo foram relativas às questões que envolviam o conceito de média, não tendo ficado claro para estes o que se entendia e representava como média. Neste sentido, não ficou demonstrado uma associação direta entre a área destinada à designação e o próprio intervalo de funcionamento médio de cada indicador.

5.4.2 Formas numéricas dinâmicas

A pertinência que este modelo assumiu dentro deste projeto de investigação e, em particular, nos modelos de visualização de dados desenvolvidos, motivou um maior aprofundamento analítico, tendo-se procurado explorar este modelo sobre diferentes perspetivas. Deste trabalho exploratório resultaram 3 propostas que derivaram dos princípios subjacentes ao modelo principal de *Formas numéricas dinâmicas*. Estas propostas apresentam e representam a abertura, flexibilidade e potencialidade patente e inerente a este modelo de visualização de dados.

Deve ser referido que, para o desenho gráfico destas propostas, foi considerada a totalidade do espaço disponível referente ao modelo de visualização anteriormente proposto. Também aqui a legendagem foi um elemento determinante, procurando-se destacar este elemento através do seu tamanho. Adicionalmente, e numa tentativa de otimizar e gerir melhor todo o espaço disponível nesta área, recorreu-se a uma âncora da própria legenda, onde os equipamentos são identificados através de letras. Já a legendagem relativa ao modelo de visualização de informação foi posicionada sobre o lado direito, procurando assim estabelecer uma maior relação entre a forma geométrica e a sua legendagem, através do recurso à cor.

Seguindo a linha do modelo anteriormente apresentado, os modelos que se apresentam de seguida pressupõem também eles o recurso a *use cases* específicos.

5.4.2.1 Formas numéricas dinâmicas #1

Esta primeira proposta, diz respeito a uma vertente qualitativa de informação, onde se pretende compreender qual a disponibilidade de portas *Ethernet* de 2 equipamentos distintos, sem que para isso fosse necessário recorrer a uma quantificação numérica. Este princípio pressupõe que esteja associado aos indicadores um limite máximo, isto é, um intervalo em que ambos podem variar, sendo que a representação do seu limite é ilustrada por uma aproximação a uma forma geométrica circular.



Figura 54 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado ao *use case*: *Formas numéricas dinâmicas #1*

Neste sentido, cada equipamento é composto e apresentado através de 2 representações geométricas, sendo que uma das representações ilustra o número de portos *Ethernet* ativos e a outra os portos *Ethernet* utilizados. Tal como referido anteriormente, a identificação e diferenciação das representações é realizada através da cor e de uma legenda própria a que está associada.

Indo ao encontro da natureza do modelo de *Formas numéricas dinâmicas*, na representação do 1º equipamento, pretende-se demonstrar que não existem evidências visuais que permitam inferir sobre a diferença entre portos utilizados e portos disponíveis, resultando esta sobreposição numa forma geométrica próxima de um círculo. Através destas representações pretende-se assim concluir que o número de portos utilizados é muito semelhante aos portos disponíveis no equipamento.

Já na representação do 2º equipamento, pretendeu-se evidenciar visualmente as diferenças existentes entre ambos os indicadores. A representação geométrica triangular refere-se ao número total de portos utilizados, enquanto que a outra forma se refere ao número total de portos disponíveis. Neste sentido, pretendeu-se transmitir que aquele equipamento está ainda longe de atingir a sua capacidade máxima no que se refere à utilização de portos *Ethernet*.

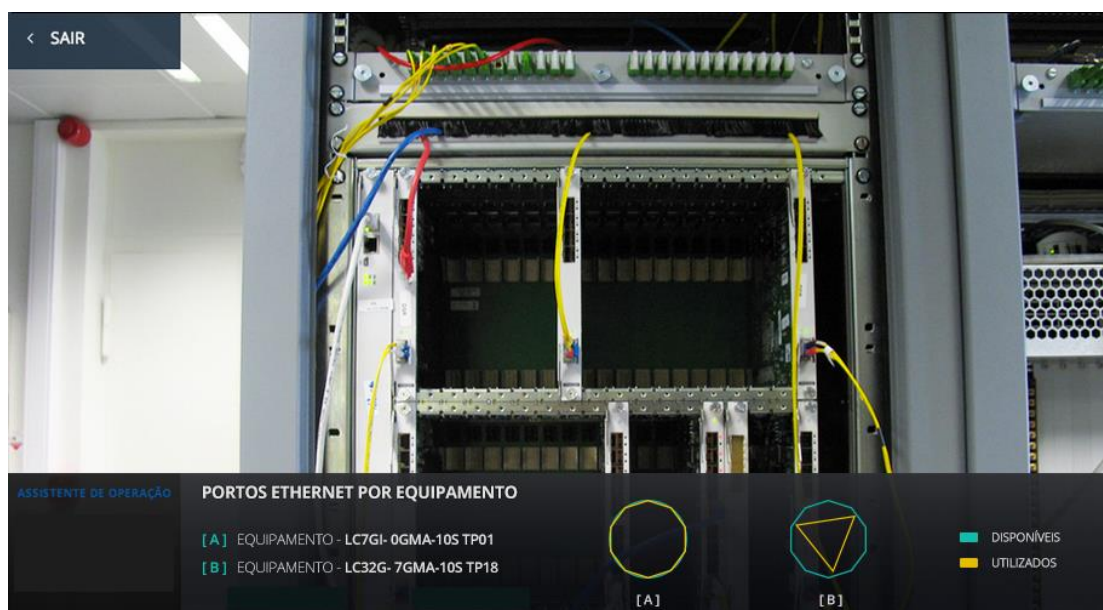


Figura 55 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: *Formas numéricas dinâmicas* #1

Este modelo foi avaliado com base numa única pergunta que pressuponha a análise do modelo, sendo posteriormente pedido aos participantes para identificarem o equipamento com mais portos *Ethernet* utilizados. Os dados relativos à avaliação deste modelo foram positivos, na medida em que todos os participantes conseguiram identificar com sucesso o equipamento em causa, que neste caso é o equipamento A.

5.4.2.2 Formas numéricas dinâmicas #2

A segunda variante compreende uma vertente quantitativa do modelo base de *Formas numéricas dinâmicas*, em que o número de vértices está associado ao próprio número do índice/indicador. Neste sentido, e seguindo as linhas contextuais do *use case* anteriormente apresentado, este também se refere ao diferencial entre o número de portas *Ethernet* disponíveis e utilizados.



Figura 56 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado no *use case*: *Formas numéricas dinâmicas #2*

Tal como se ilustra na **Figura 57**, o primeiro equipamento é representado pela sobreposição de 2 quadrados referentes a ambos os indicadores. Já o segundo equipamento é representado através de um triângulo que representa o número de portas ocupados e um quadrado que representa o número de portas disponíveis. Através desta descontinuidade visual entre formas geométricas pretende-se evidenciar assim a diferença existente entre ambos os indicadores, onde se pressupõe que existem 3 portas *Ethernet* ativos num total de 4 disponíveis no 2º equipamento.

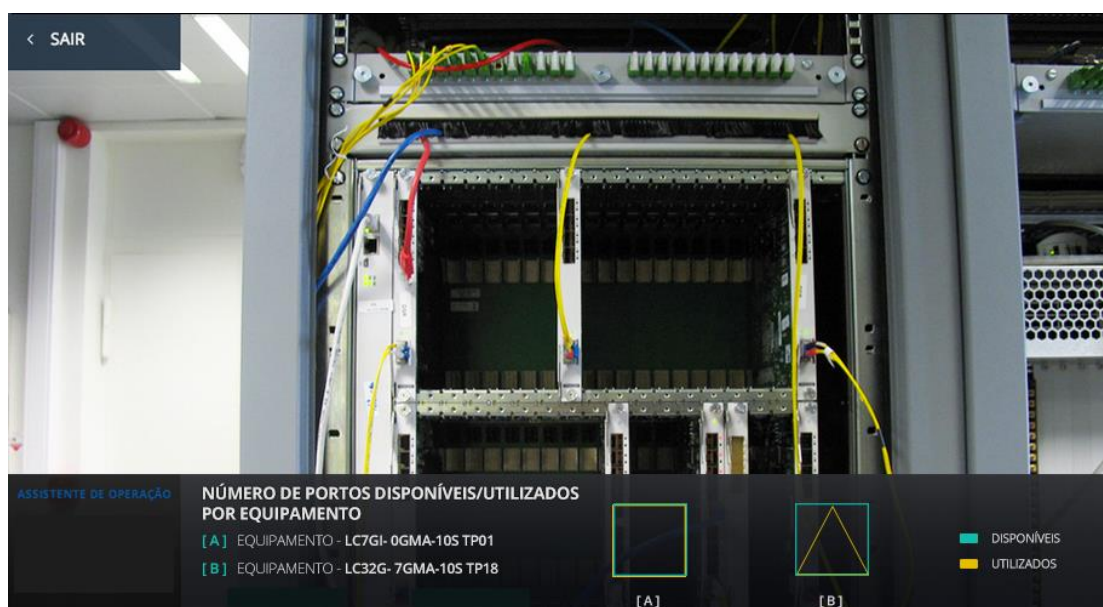


Figura 57 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: *Formas numéricas dinâmicas #2*

A avaliação desta proposta foi efetuada através da colocação de 2 questões, sendo que a primeira segue os mesmos princípios da questão referente ao modelo anterior, em que se pede aos

participantes para identificarem o equipamento onde os portos *Ethernet* estão todos ocupados. Também nesta questão todos os participantes responderam corretamente. Por sua vez, a segunda questão impunha a quantificação do número de portos utilizados no segundo equipamento: apenas 4 participantes conseguiram quantificar esse número com precisão. Esta pergunta levantou algumas dúvidas e questões por parte da maioria dos participantes, gerando inclusivamente interpretações diferentes nos participantes que responderam de forma incorreta. Estas interpretações tinham como base o número total de vértices intercetados com a figura que representa os portos disponíveis, mas também com o número total de vértices de ambas as formas geométricas, evidenciando assim alguma distorção na compreensão do modelo mas também na compreensão dos próprios indicadores.

5.4.2.3 Formas numéricas dinâmicas #3

Esta última proposta resulta de uma abordagem distinta ao modelo principal de visualização de dados, e assim diferente dos modelos anteriormente apresentados. Nesta proposta o modelo não é baseado no número de vértices, mas sim na distância dos vértices intermédios em relação ao centro da figura geométrica, composta também ela por uma representação semelhante a um círculo. Através deste modelo pretende-se assim demonstrar assimetrias qualitativas entre indicadores, devendo a forma ótima - associada ao indicador – aproximar-se geometricamente de um círculo.



Figura 58 - Imagem ilustrativa do modelo de visualização de informação aplicado no *use case*:
Formas numéricas dinâmicas #3

O *use case* específico para esta proposta é baseado na representação de falhas de *hardware* de 2 equipamentos tendo em conta os indicadores/componentes de RAM e disco rígido. O primeiro equipamento, representado na **Figura 59**, apresenta diferenças significativas entre a distância dos vértices intermédios ao centro da figura geométrica de ambos os indicadores, embora o de o disco seja mais acentuado. Por sua vez, o segundo equipamento procura salientar a similaridade entre ambos os indicadores mas também a sua própria forma onde todos os vértices se encontram alinhados a uma forma geométrica circular.



Figura 59 - Ilustração da imagem final do modelo de visualização de informação: formas numéricas dinâmicas #3

A avaliação deste modelo foi efetuada a partir de 2 questões onde se procurava que os participantes identificassem visualmente a variação das falhas dos respetivos indicadores e equipamentos bem como identificassem o indicador cuja variação é mais acentuada no equipamento A.

Neste sentido, e em relação à 1ª pergunta, a maioria dos participantes conseguiu identificar com sucesso o equipamento com mais falhas (equipamento A), embora 2 dos participantes não o tenham conseguido efetuar. Por sua vez, a última questão, referente à identificação da falha mais crítica do equipamento A, levantou sérias dúvidas e questões à maioria dos participantes, registando-se assim um maior número de respostas incorretas, bem como uma subida acentuada dos tempos de resposta. A maioria das respostas incorretas deriva de uma interpretação diferente à esperada, sendo maioritariamente baseadas no facto que quanto menor for a área da figura geométrica, menor seria o número de erros do indicador do equipamento.

Regista-se mais uma vez uma distorção na compreensão do próprio modelo, uma vez que a maioria dos participantes consegue identificar com sucesso o equipamento com mais falhas mas posteriormente não consegue identificar o indicador cuja variação do número de erros é maior, não indo de encontro aos princípios do modelo principal, isto é, os indicadores devem aproximar-se da sua forma ótima: forma geométrica circular.

5.5 Análise e discussão dos resultados obtidos

Nesta secção analisam-se e discutem-se os dados recolhidos e apresentados anteriormente, referentes à avaliação do protótipo MarvIn e à avaliação dos modelos de visualização de informação

propostos. Neste sentido, esta análise e discussão é estruturada em 2 partes: protótipo MarvIn e modelos de visualização de dados.

Sobre o ponto de vista do protótipo, e numa perspetiva introdutória, os participantes demonstraram um grande à vontade para com todo este processo de avaliação mas também de enquadramento e contextualização do projeto, tendo-se evidenciando ao mesmo tempo a sua familiaridade com o ambiente de testes, tarefas e questões colocadas e também com o próprio dispositivo de avaliação, não se registando casos ou situações anómalas ou inesperadas.

Em termos de interação, todos os participantes adotaram o suporte de “two-hands grip” durante todo o processo de avaliação. Aliado a este suporte, era expectável que os participantes seguissem os princípios de interação propostos pelo modelo de interação definido, recorrendo assim às áreas de interação definidas através do meio de *input* idealizado: os polegares. Este princípio de interação proposto, procurava que os participantes adotassem uma postura de abstração em relação aos mecanismos de controlo do protótipo, mais focada e direcionada para a visualização de informação. No entanto, os dados recolhidos demonstram que apenas 4 dos 9 participantes utilizaram de forma consistente e contínua este comportamento de interação, apesar de outros 3 participantes terem abraçado parcialmente este comportamento. Esta parcialidade resulta da mudança do comportamento de interação quando houve necessidade de interagir sobre a área de interação localizada sobre o lado direito do AO, tendo sido essa interação realizada através do dedo indicador direito. Esta área do AO, responsável por esta mudança de interação, diz respeito ao botão de saída do AO, mas também do assistente de apoio visual dentro do AO. Este comportamento de interação – mudança de interação - poderá ser explicado pela necessidade dos participantes quererem atingir uma maior precisão sobre estes elementos, numa tentativa de obter um *feedback* visual maior (Tseng, 2012). Ao mesmo tempo, este comportamento pode ser também explicado pelo próprio posicionamento do botão de saída (que se encontra localizado no topo superior esquerdo) que poderá eventualmente condicionar a sua interação a partir do polegar esquerdo. Já em relação aos restantes 2 participantes, que optaram por realizar toda a interação com o protótipo recorrendo exclusivamente ao indicador direito, esse comportamento poderá ser igualmente explicado, à luz de Tseng (2012), pela necessidade de maior controlo e precisão sobre todas as ações que os participantes realizam dentro de determinados contextos aplicacionais. Geralmente este comportamento de interação é adotado na sua totalidade quando os utilizadores necessitam de realizar operações complexas e que exijam mais atenção, podendo, inclusivamente, o próprio contexto de avaliação ter potenciado a adoção deste tipo de comportamentos de interação.

Em termos da análise relacional entre os tempos de interação e o modelo de interação adotado, não ficou demonstrada qualquer relação de causalidade, uma vez que os dados apontam para uma similaridade entre as médias gerais de todas as tarefas e entre as próprias tarefas. Por sua vez, também o estudo relacional entre a taxa de sucesso das tarefas propostas e o modelo de interação adotado pelos participantes, não demonstra a existência da mesma relação de

causalidade. Neste sentido, conclui-se que não existem evidências estatísticas que permitam inferir sobre o modelo de interação adotado e sua relação com os tempos de conclusão e com as taxas de sucesso de conclusão das tarefas.

Apesar destes dados estatísticos, observou-se empiricamente que os participantes que optaram por seguir os princípios de interação subjacentes ao modelo proposto, demonstraram maior segurança na realização das tarefas mas também nas próprias respostas às questões que iam sendo colocadas. Observou-se igualmente que estes participantes canalizavam a sua atenção para a leitura e análise das informações relativas às tarefas e não tanto para onde e como deviam interagir, observando-se, inclusivamente, menos momentos de impasse ou indecisão. A própria confiança de interação sobre os diversos elementos demonstrou ser mais assertiva e conclusiva no sentido em que os participantes demonstravam certeza que as suas interações tinham de facto sido efetivadas, não havendo situações de impasse ou dúvidas quanto à interação ter sido efetivada com sucesso, apesar de haverem mecanismos de *feedback*.

Já em termos de análise e discussão dos dados referentes ao modelo de visualização de informação, observou-se que 6 dos participantes optaram por colocar o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo a partir da entrada no AO, tendo continuado com este suporte até ao final da avaliação, com a exceção da tarefa de apoio visual. Aqui observou-se um comportamento interessante por parte destes participantes, em que mediante esta tarefa - apoio visual na identificação dos portos GbE em alarme - e o cenário simulado de RA, estes acabaram por alinhar de forma natural o dispositivo verticalmente ao equipamento. Esta mudança de comportamento de visualização pode ser explicada pela necessidade que estes participantes sentiram em estabelecer âncoras visuais para com os elementos ilustrados na visualização e os elementos físicos do equipamento em causa. Já os restantes 3 participantes optaram por realizar toda a avaliação com o equipamento alinhado verticalmente ao equipamento.

A análise da relação entre o modelo de visualização adotado e os tempos de execução mas também o próprio sucesso de conclusão das tarefas, neste caso, acabou por evidenciar alguns dados pertinentes. Em relação ao tempo de conclusão de tarefas, registou-se que os participantes que optaram pelo modelo de visualização alinhado ao equipamento tiveram tempos médios comparativamente superiores, no entanto esta relação não é conclusiva. Igualmente, demonstrou-se que os participantes que optaram pelo modelo de visualização com o dispositivo alinhado ao solo tiveram maiores taxas de sucesso na conclusão de tarefas, cerca de 95%. Contrariamente, o restante grupo teve taxas de sucesso de conclusão de tarefas de 81%, situando-se a taxa de conclusão com ajuda ou não conclusão em cerca de 19%. Isto significa que, sensivelmente 1 em cada 5 tarefas realizadas através deste modelo de visualização correm o risco de serem concluídas com ajuda ou não serem de todo concluídas. Neste sentido, e inferindo estatisticamente sobre os dados, concluiu-se que a adoção do modelo de visualização de informação com o dispositivo alinhado ao equipamento, com o objetivo de realizar determinadas tarefas que não exijam recurso

ao contexto de RA, poderá condicionar negativamente os tempos de conclusão de tarefas mas acima de tudo o seu sucesso.

Concluindo a análise e discussão dos resultados derivados deste modelo, verifica-se que a adoção do modelo de visualização com o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo, foi um comportamento natural para a maioria dos participantes avaliados. Este comportamento poderá ser justificado pela comodidade e conforto deste suporte alicerçado também no tipo de tarefas propostas. Ao mesmo tempo, conclui-se que a mudança neste suporte foi determinada pela necessidade de recorrer ao contexto simulado de RA como uma ferramenta/suporte adicional para a resolução ou auxílio de determinadas tarefas. Assim, e atendendo à naturalidade registada neste suporte do dispositivo, demonstra-se que poderá existir uma relação de complementaridade entre os 2 formatos de visualização de informação subjacentes ao modelo proposto. Esta relação de complementaridade estabelece que, para a realização de determinadas tarefas onde contexto de RA não se considere decisivo ou importante no suporte ou auxílio ao utilizador, se utilize o modelo de visualização de informação determinado pela orientação horizontal ao solo. Por sua vez, quando o recurso ao contexto de RA é considerado como uma ferramenta ou suporte fundamental a determinadas tarefas ou operações, seja aplicado o modelo de visualização de informação baseado na orientação vertical do dispositivo em relação ao próprio contexto, sendo que este contexto nunca poderá ser compreendido num FoV onde os POI's se encontrem dispostos horizontalmente ao solo. Através desta proposta, garante-se a coexistência de 2 suportes distintos de visualização de informação com propriedades, benefícios e vantagens específicas para cada um desses contextos.

Concluindo de forma geral esta análise ao protótipo, bem como ao modelo de interação e visualização de informação em si compreendido, demonstra-se que a combinação de ambos os modelos poderá ser pertinente e preponderante (não se tendo registado conflitos ou situações de incompatibilidade entre ambos) para casos onde é necessário desencadear um conjunto de operações isoladas ou combinadas com o contexto de RA. Em particular, o modelo de visualização garante e contempla, consoante o contexto em que é utilizado, a existência de 2 cenários de visualização distintos (mas complementares) que podem assegurar uma maior rapidez mas também uma maior taxa de conclusão na realização de determinadas tarefas. Ao mesmo tempo, e atendendo ao suporte preferencial do dispositivo observado – “two-hands grip” -, demonstrou-se que as zonas de interação projetadas podem tirar partido desse mesmo suporte. Apesar do meio de *input* idealizado não ter sido adotado na sua totalidade pelos participantes, as áreas de interação definidas pelo modelo demonstram indicadores satisfatórios no que diz respeito à rapidez de interação mas também quanto às próprias taxas de conclusão de tarefas em geral, não se tendo registado comportamentos ambíguos ou situações de impasse ou confusão perante as várias decisões de interação tomadas. Neste sentido, este modelo poderá ser apenas compreendido e validado quanto às áreas de interação que define, onde se assegura que a consistência e coerência do seu posicionamento é mantida e preservada ao longo de todo o contexto aplicacional.

Por fim, sobre o ponto de vista da análise e discussão de dados relativos aos modelos de visualização de dados avaliados, constata-se que os princípios basilares associados a estes modelos foram compreendidos na sua totalidade, apesar de existirem evidências que demonstram a necessidade de serem melhor analisados e estudados na sua globalidade.

No caso do 1º modelo avaliado – *dynamic bars* – constatou-se que a maioria dos participantes conseguiu identificar e compreender com sucesso e facilidade todos os indicadores e as próprias relações de dependência existentes entre eles. Conseguiram igualmente estabelecer pontos de comparação entre as diferentes entidades representadas, extrapolando e inferindo conclusões e análises precisas da informação visualmente representada. Através desta conclusão demonstra-se que este modelo compreende e comporta os objetivos definidos por Azzam et al. (2013) e Friedman (2008), que determinam que modelos de visualização de dados devem permitir identificar, relacionar, analisar e compreender rapidamente informação, tornando esta em conhecimento. No entanto, e apesar do sucesso destas análises, grande parte dos participantes não associaram o conceito de média ou funcionamento ótimo à dimensão representada pela legenda do próprio indicador. Este é um dos princípios que deve ser explícito e facilmente compreensível através da representação. Neste sentido, a imposição visual de limites ótimos de cada indicador deve ser reforçada.

Também no caso do 2º modelo e das suas variantes avaliadas – *Formas numéricas dinâmicas* – constatou-se que os participantes conseguiram perceber os seus princípios base, onde se subentendia que os indicadores ótimos eram representados por figuras geométricas circulares quase perfeitas. Este é um aspeto que deve ser salientado, pois não era esperado que todos os participantes conseguissem com alguma facilidade e rapidez compreender este princípio. Este facto pode ser justificado pela existência de indicadores que estão compreendidos em determinados limites ou intervalos qualitativos, que fazem com que visualmente seja mais sugestivo identificar variâncias que não se encontrem dentro dos limites expectáveis e ótimos. No entanto, nos casos particulares das variantes #2 e #3 do modelo principal, constatou-se que os participantes procuram determinar e compreender os modelos a partir de diferentes princípios. Esta razão deve-se também à própria natureza dos modelos onde foi procurado, por um lado, representar unidades numéricas quantificáveis, e por outro lado, representar variâncias baseadas na proximidade dos vértices intermédios ao centro. Assim no caso da variante #2, para além das limitações visuais de representações numéricas quantificáveis, os participantes tiveram diferentes interpretações do modelo em causa, acabando por não ser possível generalizar ou validar este modelo. Por sua vez, também os dados referentes à variante #3 não são positivos, registando-se também interpretações diferentes do modelo proposto, tornando também impossível a sua generalização ou validação.

Apesar de algumas destas interpretações (desviantes do modelo proposto) convergirem, estas não são plausíveis em termos de validação científica devido às suas limitações mas também à sua acrescida complexidade em termos visualização de dados.

Concluindo a análise dos modelos de visualização de dados propostos, demonstra-se que o modelo de *dynamic bars* poderá ser bastante pertinente para casos onde é necessário representar diferentes entidades que compreendem diferentes indicadores relacionados entre si, através de uma representação que permite atingir um nível de profundidade e detalhe bastante elevado, possibilitando ao mesmo tempo uma leitura e compreensão visual mais fluída, fácil e rápida, assegurando assim o cumprimento e satisfação de alguns dos princípios propostos por Kaidi (2000). Por sua vez, o modelo de *Formas numéricas dinâmicas* é também ele preponderante para casos onde é necessário evidenciar desequilíbrios visuais imediatos entre diferentes indicadores, partindo-se do princípio que existe uma medida ou indicador ótimo que deve ser igualado pelos restantes indicadores através de representações geométricas circulares.

Atendendo aos princípios identificados e descritos neste domínio científico de visualização de dados, demonstra-se que a análise e compreensão destes modelos à luz do raciocínio visual, de cognição e percepção visual humana foi determinante para todo o processo de identificação, relação, análise e compreensão, assumindo-se assim estes modelos como um meio de comunicar e adquirir conhecimento. Adicionalmente, a natureza abstrata destes modelos permite satisfazer um dos requisitos definidos por Kaidi (2000), que compreende a adaptabilidade e flexibilidade destas propostas em naturezas ou contextos aplicacionais diferentes.

6 Conclusões

A crescente e constante evolução tecnológica verificada ao longo dos últimos anos tem vindo a redefinir e a revolucionar a forma como hoje nos relacionamos entre nós – seres humanos – mas também com o mundo que nos rodeia. Este inegável facto é traduzido pelas inúmeras soluções e suportes tecnológicos que fazem hoje parte das nossas vidas.

A emergência de suportes tecnológicos móveis trouxe consigo um novo conjunto de oportunidades mas também novos desafios. Particularmente, a contínua disseminação e evolução tecnológica dos dispositivos *tablet*, aliada a um forte e contínuo desenvolvimento de várias naturezas de aplicações e ferramentas de desenvolvimento destas, abrem novas portas e oportunidades para a advento de novos contextos aplicacionais, onde se insere a tecnologia de RA. Atendendo a estes fatores e à própria prematuridade desta tecnologia nestes suportes móveis, torna-se hoje pertinente analisar, compreender e desenvolver soluções que mediem a relação entre as várias componentes tecnológicas e os seus utilizadores. É com base nestas premissas que surge este trabalho de investigação, em que através de uma metodologia de investigação e desenvolvimento, foi desencadeado, desenvolvido, operacionalizado e concretizado todo um processo de investigação que tinha como objetivo a concetualização, avaliação e validação de novas abordagens/propostas de interação e visualização de informação em contexto de RA em *tablets*. As propostas apresentadas resultam de um processo criativo e iterativo, devidamente sustentado e suportado pela análise do estado da arte bem como por todo o levantamento teórico realizado sobre as áreas compreendidas e afetas a esta temática de investigação. Seguindo esta linha metodológica, foram selecionadas algumas destas propostas para avaliação, de onde resulta um protótipo funcional devidamente caracterizado por um *use case*. Igualmente para esta fase de avaliação, foram também considerados alguns modelos de visualização de dados.

Os resultados obtidos através destas avaliações revelaram-se bastante pertinentes. Por um lado demonstrou-se a pertinência da complementaridade entre 2 cenários distintos de visualização de informação, mas também a importância da existência de uma base de interação que vá ao encontro do suporte que os utilizadores fazem do dispositivo. Ao mesmo tempo, e sobre o ponto de vista dos modelos de visualização de dados, constata-se também a sua validade e pertinência ao nível dos princípios a que estão subjacentes, de onde resultam propostas únicas, singulares, diferenciadas e com grande potencial prático e teórico.

Neste sentido, e atendendo a esta descrição de processos, metodologias e resultados obtidos, tecem-se as seguintes considerações como resposta à pergunta de investigação - “Considerando os atuais desafios de interação e visualização de informação em RA em *tablets*, que princípios e/ou propostas concetuais de modelos de interação e visualização de informação poderão ser desenvolvidas?”, devidamente estruturadas pelos seus domínios:

Interação

- As áreas de interação devem ser definidas e localizadas sobre as extremidades laterais do dispositivo;
- Evitar elementos de interação localizados nos cantos dessas extremidades laterais do dispositivo;
- Projetar áreas e elementos de interação consistentes e coerentes a todo o suporte aplicativo;
- Projetar elementos de interação adaptados a interações a partir do polegar, através da definição de alturas e larguras mínimas desses elementos;

Visualização de informação

- Compreender 2 formatos distintos, mas complementares, de visualização de informação baseados na orientação do dispositivo sobre o espaço e contexto de RA;
- Em RA os conteúdos informativos poderão ser estruturados sobre o fundo do visor;
- Em cenários onde o contexto de RA não se justifique, a informação deve ocupar a totalidade da área de visualização situada ao centro do visor;

Visualização de dados

- Visualizar e demonstrar diferenciais qualitativos entre indicadores, através de variações sobre a dimensão de barras horizontais que representam esses mesmos indicadores;
- Utilização de formas geométricas para demonstrar e evidenciar desequilíbrios visuais entre índices qualitativos de indicadores através da sobreposição das suas formas, baseados no princípio de médias ou funcionamentos ótimos, representados através de formas geométricas circulares;

Já sobre uma perspetiva documental, analítica, descritiva e pessoal relativa a todo o processo de investigação, destaca-se novamente a pertinência deste tema de investigação na atual Era tecnológica e Humana. Esta pertinência é justificada por todos os fatores já referidos mas também pela própria escassez ao nível de suportes teóricos e científicos referentes a esta problemática de investigação. Esta constatação, e realidade, afirmou-se como um grande obstáculo a todo o projeto de investigação. De forma a contornar esta questão, a estratégia de investigação adotada passou por analisar e compreender as diversas áreas afetadas e compreendidas neste domínio científico como é o caso da usabilidade, interação, visualização de informação e dados, o próprio dispositivo *tablet*, entre outras. No entanto, e apesar de esta estratégia se ter demonstrado produtiva e frutuosa, acabou por consumir demasiado tempo e recursos, não tendo sido também possível alcançar tanta profundidade e imersão maior sobre estas áreas e domínios quanto se desejaria. Ao mesmo tempo, esta limitação temporal condicionou e determinou que nem todos os modelos concetualizados e

propostos pudessem ser avaliados e, eventualmente, validados. Apesar deste facto, considera-se que todas as propostas apresentadas e descritas são válidas e pertinentes para este domínio científico, podendo inclusivamente ser aplicadas e avaliadas dentro de outros contextos aplicativos, graças à natureza abstrata com que foram concetualizadas.

Por fim, destaca-se a importância e impacto que este projeto teve a um nível mais pessoal. A oportunidade de realizar e conduzir um estudo científico permitiu conhecer e compreender melhor todas as fases, processos e metodologias inerentes ao processo de investigação científica, resultando numa experiência académica, mas acima de tudo pessoal, bastante positiva. Igualmente, através deste projeto foi possível aprofundar e adquirir novos conhecimentos de diferentes áreas que despertam e motivam grande interesse pessoal. Dessas destacam-se os domínios de interação e visualização de informação, desenho de interfaces e implementação de soluções baseadas em tecnologias *web*. Por sua vez, também a oportunidade de realizar este projeto em contexto empresarial fomentou e potenciou o enriquecimento pessoal ao nível do desenvolvimento de novas valências sociais e profissionais, onde foram criadas e fundadas novas relações interpessoais mas também onde foram absorvidos e compreendidos novos valores, princípios e culturas organizacionais.

6.1 Contribuições do estudo

A natureza criativa e exploratória deste trabalho de investigação proporcionou e potenciou a abertura de novas perspetivas, mas também novas abordagens, à problemática do presente estudo: interação e visualização de informação em RA em *tablets*. Através do processo de avaliação foi possível determinar a validade e contributo que algumas das propostas concetualizadas vêm acrescentar a este domínio científico. Ao mesmo tempo, este trabalho de investigação acrescenta outras propostas que, não sendo validadas no contexto deste trabalho, possibilitam que sejam testadas e eventualmente validadas à luz de outros contextos aplicativos.

Em relação ao modelo de interação proposto e avaliado no MarvIn, este trabalho vem evidenciar a importância de se concetualizarem em interações que tenham em conta, mas também tirem partido, do suporte que os utilizadores fazem do dispositivo. Apesar de não se ter demonstrado uma interação mais eficiente e eficaz a partir dos polegares dos utilizadores, constata-se a importância e pertinência de definir zonas claras, consistentes e coerentes de interação situadas nas extremidades do dispositivo. Apesar de alguns estudos evidenciarem a importância deste princípio de interação em outros contextos aplicativos, ainda não se tinha demonstrado esta amplitude concetual (reforçada pelo modelo proposto), no que respeita à sua aplicabilidade e validade em RA e em cenários de operação ou manutenção.

Por sua vez, o contributo de investigação do modelo de visualização proposto no protótipo MarvIn, é determinado pela introdução de uma nova abordagem de visualização de informação para cenários de operação ou manutenção em contexto de RA. A compreensão de 2 formatos de

visualização distintos, mas complementares, garante a adaptabilidade e flexibilidade da visualização em diferentes contextos de utilização. Esta proposta responde assim a alguns problemas que se têm verificado na utilização da tecnologia de RA em dispositivos móveis, ao mesmo tempo que se demonstra e se assegura uma maior assertividade na condução e execução de determinadas tarefas em cenários de operação ou manutenção.

Já em relação aos modelos de visualização de dados, a proposta de *dynamic bars* reforça a importância que representações, baseadas na relação que tamanhos entre formas e seus indicadores, têm ao nível da expressão qualitativa de informações e dos dados. Em particular, demonstra-se o potencial associado ao formato e tamanho do objeto mas também as relações que determinam esse comportamento de grandeza, ilustradas através de assimetrias visualmente sugestivas e de fácil interpretação e compreensão. Para além deste contributo, esta proposta, adicionalmente, compreende também a possibilidade de comparar diferentes entidades sobre os mesmos indicadores, resultando num modelo bastante rico ao nível da informação que contempla e que permite inferir.

Por fim, o modelo de visualização de dados de *Formas numéricas dinâmicas* vem introduzir e adicionar à sua esfera científica uma nova proposta de representação de dados baseada em formas geométricas. Com esta proposta valoriza-se e enriquece-se assim este domínio científico através de um modelo visualmente expressivo e sugestivo de representação de dados válido, singular e diferenciado. Atendendo à sua natureza concetual, este modelo abre novas perspetivas e novas fronteiras na forma como atualmente se projetam e se definem modelos de representação de dados, possibilitando ao mesmo tempo a sua transposição e utilização em diferentes contextos ou áreas.

6.2 Limitações do estudo

Atendendo à natureza prática e exploratória deste projeto de investigação, foi possível concetualizar e avaliar diferentes propostas de diferentes domínios e áreas científicas. No entanto, esta abordagem trouxe consigo também algumas limitações e alguns constrangimentos de diferentes ordens.

A principal limitação, e a mais preponderante deste projeto de investigação, é o facto do MarvIn ser avaliado com base num contexto simulado de RA. Apesar dos dados obtidos se terem demonstrado positivos e pertinentes, não se garantem as mesmas inferências e conclusões em contextos reais de RA. No entanto, e apesar destas circunstâncias de avaliação, demonstrou-se que, mesmo a partir de um cenário simulado de RA, os utilizadores conseguiram realizar e compreender o contexto, tarefas e questões colocadas e associadas ao contexto onde estavam inseridos.

Por outro lado, o contexto técnico específico do *use case* subjacente ao MarvIn poderá também ele condicionar, de certa forma, a extrapolação dos dados obtidos, mesmo para outros cenários de operação ou manutenção.

Por sua vez, o dispositivo de avaliação limita também as conclusões compreendidas e alcançadas neste estudo, na medida em que não é possível garantir e generalizar estas mesmas conclusões para dispositivos *tablet* com dimensões físicas, e também de visualização, diferentes.

Já no caso dos modelos de visualização de dados, aplicam-se também as mesmas considerações tecidas acerca do contexto simulado de RA no MarvIn, no sentido em que não é possível garantir os mesmos resultados em contextos, naturalmente dinâmicos, de RA. Este é um dos grandes constrangimentos e limitações ao nível da generalização dos resultados obtidos, uma vez que os modelos de visualização implicam alguma atenção e foco por parte do utilizador para serem compreendidos e analisados na sua totalidade. Considerando o contexto dinâmico de RA, esta compreensão e análise efetuada aos modelos propostos poderá assumir e revelar outro tipo de dados e resultados.

Por fim, o limitado período temporal no qual este projeto foi desenvolvido, assim como a própria especificidade do *use case*, não proporcionou e possibilitou que todas as propostas concetualizadas fossem avaliadas e eventualmente validadas.

Considera-se que algumas das propostas desenvolvidas no contexto deste trabalho de investigação encerram um potencial que merece ser melhor estudado, analisado, avaliado e validado, podendo este contributo refletir-se também nas diferentes áreas e domínios científicos onde estas propostas se inserem.

6.3 Sugestões de trabalho futuro

Atendendo a todas as considerações tecidas anteriormente, considera-se que este trabalho pode assumir-se como um contributo válido no domínio científico aqui em estudo, podendo servir como ponto de partida para estudos futuros. Nesta medida, procura-se aqui introduzir um conjunto de propostas, princípios e sugestões que devem apoiar, fundamentar e guiar eventuais desenvolvimentos futuros. Salienta-se, no entanto, que estas sugestões dizem apenas respeito aos modelos em si e não ao suporte aplicacional no qual estes foram testados: o protótipo. Considera-se, desta forma, que eventuais alterações ao protótipo devem ter em conta todos os problemas e lacunas referidas anteriormente e que se prendem sobretudo com questões relacionadas com o desenho gráfico e usabilidade.

Assim, e no sentido de colmatar a principal limitação deste estudo, sublinha-se e realça-se a necessidade, importância e urgência de testar e validar as várias propostas dentro do contexto para o qual foram concetualizadas e projetadas, nomeadamente em RA. Apenas com as evidências derivadas desse estudo vai ser realmente possível determinar a validade dos modelos apresentados neste projeto.

Do ponto de vista geral dos modelos integrados no protótipo MarvIn, salienta-se a pertinência e importância de testar estas propostas em dispositivos *tablets* que tenham dimensões físicas, mas também de visualização, distintas do dispositivo de avaliação utilizado. Só através da condução de

um estudo desta natureza é possível alargar o espectro de suportes aplicativos nos quais estes modelos podem ser inseridos e integrados. Ao mesmo nível, refere-se também a importância de testar e avaliar estas mesmas propostas à luz de outros contextos aplicativos, indo assim para além dos cenários aqui testados: operação e manutenção de bastidores de redes de telecomunicações. Deve também ser considerada e avaliada, à luz destas propostas e sugestões, a validade e viabilidade da coexistência de ambos os modelos propostos em diferentes contextos e em diferentes dispositivos.

Já em relação ao modelo de interação proposto no MarvIn, sugere-se que, para além da sua aplicação num contexto real de RA, o desenho gráfico seja reformulado (à luz das limitações e sugestões introduzidas anteriormente), no sentido de verificar se o comportamento de interação através do meio de *input* proposto (polegares) se mantém consistente e coerente ao longo de todo o contexto aplicativo.

Sobre o ponto de vista do modelo de visualização sugere-se que seja conduzido um estudo ou análise que procure determinar um melhor ângulo de transição visual entre estes modelos de visualização, definido neste estudo em 45°. Esta sugestão deve-se ao facto, tal como já foi anteriormente referido, da alternância entre modelos ocorrer num ângulo muito próximo daquele em que os utilizadores suportam o dispositivo, especialmente nos utilizadores que utilizam o modelo de visualização com o dispositivo alinhado horizontalmente ao solo. Uma outra sugestão que deve ser equacionada para dirimir esta questão poderá passar pela colocação de um botão, ou um mecanismo, que acione determinado modelo consoante a pretensão do utilizador, passando assim a transição entre modelos a ser determinada pela vontade do próprio utilizador.

Por fim, para os modelos de visualização de dados avaliados neste projeto sugere-se a continuidade no seu estudo, desenvolvimento e análise, quer ao nível da sua aplicação e avaliação em contextos reais de RA mas também em outros cenários aplicativos. Igualmente, refere-se a importância desta continuidade no sentido de procurar explorar novas representações que tenham como base os modelos propostos, especialmente o modelo de *Formas numéricas dinâmicas* que se revelou bastante versátil, preponderante e com potencial, no sentido em que podem ser criadas novas variações que respeitem e tirem partido dos seus princípios basilares. Para o desenvolvimento futuro de modelos desta natureza deve ser considerada e equacionada também novas formas de ilustrar e representar a componente de legendagem, referente às entidades e suas variáveis, especialmente no modelo de *Formas numéricas dinâmicas*. Esta sugestão é baseada e fundamentada no espaço que estes modelos atualmente ocupam dentro da área de visualização, onde foi constatado que a área de legendagem é relativamente superior à área ocupada pelos modelos de representação de dados. Neste sentido, esta otimização deve passar pela maior evidência (através de uma melhor gestão espaço) focada essencialmente nos modelos de representação de dados, mas sem nunca descurar a importância comunicativa e de informação inerente à própria natureza das legendas.

Em relação a sugestões mais específicas de cada proposta, destaca-se que para o modelo de *dynamic shapes* deve ser reforçada visualmente a comunicação que a área de legenda de cada indicador se refere ao seu nível ótimo de funcionamento. Este realce poderá ser efetuado através de uma maior visibilidade das barras mas também através de uma maior relação entre as barras e os seus indicadores, a partir de representações que estabeleçam âncoras visuais e sugestivas semelhantes a uma estrutura de colunas, procurando-se assim transmitir uma melhor noção do espaço que está alocado e destinado a cada indicador.

Por sua vez, para o modelo de *Formas numéricas dinâmicas*, com exceção da variante de quantificação numérica, sugere-se também a sua aplicação em contextos reais de RA mas também noutros cenários aplicacionais. Esta exceção é baseada nas limitações encontradas que não viabilizam a sua aplicação mas também desenvolvimento, pelo menos com os mesmos princípios pelos quais este modelo foi apresentado. Sugere-se para as restantes 2 variantes a sua aplicação e avaliação em cenários onde existam mais entidades mas também mais variáveis, determinando assim a sua validade em panoramas onde é necessário visualizar e apresentar mais informação. Uma última sugestão para a variante #3 deste modelo, baseado na distância aos vértices, indica-se que eventualmente a utilização da cor, através de gradientes que vão desde, por exemplo, o vermelho para ilustrar vértices ao centro e o verde para ilustrar vértices no limite da figura geométrica, poderá ser um elemento diferenciador que poderá resolver algumas das questões referidas anteriormente na seção de discussão de resultados obtidos.

Concluindo este capítulo final, sublinha-se novamente a pertinência e importância científica de testar e eventualmente validar todos os restantes modelos aqui apresentados e que, por força das circunstâncias já referidas, não foram avaliados. Considera-se que o potencial intrínseco a estas propostas deve ser explorado, estudado, analisado e testado, contribuindo-se desta forma para uma maior abertura e diversidade ao nível de propostas, abordagens e soluções desta importante e recente área de investigação.

7 Referências bibliográficas

- Abbas, A. (2010). Interaction design vs. Interactive design Retrieved 2013-02-01, 2013, from <http://ixdc.net/blog/2010/09/04/interaction-vs-interactive-design/>
- Alben, L. (1996). Quality of experience: defining the criteria for effective interaction design. *interactions*, 3(3), 11-15. doi: 10.1145/235008.235010
- . Augmented reality-Everything about AR. (2012) Retrieved 3-01, 2013, from <http://www.augmentedrealityon.com/2012/03/augmented-reality-everything-about-ar.html> - .UPWV7qFyZNs
- Ayob, N. Z. b., Hussin, A. R. C., & Dahlan, H. M. (2009). *Three Layers Design Guideline for Mobile Application*. Paper presented at the Proceedings of the 2009 International Conference on Information Management and Engineering.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(6), 34-47. doi: 10.1109/38.963459
- Azzam, T., Evergreen, S., Germuth, A. A., & Kistler, S. J. (2013). Data Visualization and Evaluation. *New Directions for Evaluation*, 2013(139), 7-32.
- Beckman, M. (2011). What the App Store Future Means for Developers and Users Retrieved 25-09-2013, 2013, from http://www.pcworld.com/article/227961/what_app_store_future_means_for_developers_and_users.html
- Bernstein, J. A. (2012). 2012 Invention Awards: Augmented-Reality Contact Lenses Retrieved 3-01, 2013, from <http://www.popsci.com/diy/article/2012-05/2012-invention-awards-augmented-reality-contact-lenses>
- Bright, P. (2010). Ballmer (and Microsoft) still doesn't get the iPad Retrieved 5-7-2013, 2013, from <http://arstechnica.com/information-technology/2010/07/ballmer-and-microsoft-still-doesnt-get-the-ipad/>
- Brown, M. (2011). Samsung cites '2001: A Space Odyssey' as prior art in iPad patent battle Retrieved 23-06, 2013, from <http://www.wired.co.uk/news/archive/2011-08/24/samsung-2001-prior-art>
- Bushell, D. (2012). Resolution Independence With SVG Retrieved 4-5-2013, 2013, from <http://coding.smashingmagazine.com/2012/01/16/resolution-independence-with-svg/>
- Byrom, L. (2012). What The Heck Is User Experience And Why Do You Need It? Retrieved 20-01, 2013, from <http://blog.crazyegg.com/2012/07/24/what-is-user-experience/>
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377. doi: 10.1007/s11042-010-0660-6
- Carmo, H., & Ferreira, M. M. (1998). *Metodologia da investigação - Guia para auto-aprendizagem*: Universidade Aberta de Lisboa.
- Carson, N., & Hampton-Smith, S. (2013). 30 amazing free web fonts Retrieved 2013-10-10, 2013, from <http://www.creativebloq.com/typography/free-web-fonts-1131610>

- Carvajal, R. I. (2012). [Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices].
- Cerejo, L. (2012). The Elements Of The Mobile User Experience *Mobile Design Patterns* (Vol. 1): Smashing Media GmbH.
- Cha, B. (2013). Can't Decide Between Windows or Android? Samsung's ATIV Q Convertible Does Both. Retrieved 24-06-2013, 2013, from <http://allthingsd.com/20130620/cant-decide-between-windows-or-android-samsungs-ativ-q-convertible-does-both/>
- Chun, W. H., & Iller, T. H. (2013). *Real-time hand interaction for augmented reality on mobile phones*. Paper presented at the Proceedings of the 2013 international conference on Intelligent user interfaces, Santa Monica, California, USA.
- Clark, J. (2010). *Tapworthy: Designing Great iPhone Apps*: O'Reilly Media.
- Clark, J. (2012). The Mobile book (Vol. 1). Freiburg, Germany: Smashing Media GmbH.
- Cockburn, A. (2001). *Writing effective use cases*: Addison-Wesley.
- Curran, S. (2003). *Convergence Design: Creating the User Experience for Interactive Television, Wireless, and Broadband*: Rockport Publishers.
- Dawson, A., Lawson, B., McKenzie, G., Raasch, J., Flarup, M., McCollin, R., . . . Pimmel, K. (2012). Essentials of mobile design Vol. 1.
- Dey, A., Jarvis, G., Sandor, C., & Reitmayr, G. (2012, 5-8 Nov. 2012). *Tablet versus phone: Depth perception in handheld augmented reality*. Paper presented at the Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2012 IEEE International Symposium on.
- Dey, A. K., & Häkkinä, J. (2008). Context-awareness and mobile devices.
- Dias, K. L., & Sadok, D. F. H. (2007). *Internet Móvel: Tecnologias, Aplicações e QoS*: Centro de Informática Universidade Federal de Pernambuco.
- Dickey, M. R. (2013). 15 Ways Technology Is Reinventing Society Retrieved 12-10, 2013, from <http://www.businessinsider.com/15-ways-tech-is-reinventing-society-2013-4>
- Dimond, T. L. (1958). *Devices for reading handwritten characters*. Paper presented at the Papers and discussions presented at the December 9-13, 1957, eastern joint computer conference: Computers with deadlines to meet, Washington, D.C.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G. D., & Beale, R. (2004). *Human-Computer Interaction* (3 ed.). Essex: Pearson Education Limited.
- Dolz, J. (2012). Markerless Augmented Reality Retrieved 23-09-2013, 2013, from <http://www.arlab.com/blog/markerless-augmented-reality/>
- Drell, L. (2012). 7 Ways Augmented Reality Will Improve Your Life Retrieved 4-01, 2013, from <http://mashable.com/2012/12/19/augmented-reality-city/>
- Eaton, K. (2011). Metaio bets augmented reality on tablets is the future Retrieved 13-11-2013, 2013, from <http://www.fastcompany.com/1753853/metaio-bets-augmented-reality-tablets-future>
- Fedosov, A., & Misslinger, S. (2013). Effortless Creation of Mobile Augmented Reality Experiences . Retrieved from http://studierstube.icg.tugraz.at/mobilehci2013workshop/slides/fedosov_misslinger_mobilehci2013-workshop_pp_camera_ready.pdf

- Feng, Z., Duh, H. B. L., & Billinghurst, M. (2008, 15-18 Sept. 2008). *Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR*. Paper presented at the Mixed and Augmented Reality, 2008. ISMAR 2008. 7th IEEE/ACM International Symposium on.
- Few, S. (2009). Data Visualization for Human Perception Retrieved 2013-09-27, 2013, from http://www.interaction-design.org/encyclopedia/data_visualization_for_human_perception.html
- Fidelman, M. (2012). The Latest Infographics: Mobile Business Statistics For 2012 Retrieved 22-09-2013, 2013, from <http://www.forbes.com/sites/markfidelman/2012/05/02/the-latest-infographics-mobile-business-statistics-for-2012/>
- Fling, B. (2009). *Mobile Design and Development*. O'Reilly Medi.
- Friedman, V. (2008). Data Visualization and Infographics Retrieved 2013-10-09, 2013, from <http://www.smashingmagazine.com/2008/01/14/monday-inspiration-data-visualization-and-infographics/>
- Friendly, M., & Denis, D. J. (2001). Milestones in the history of thematic cartography, statistical graphics, and data visualization. *Retrieved*, 5(11), 2011.
- Fry, B. (2008). *Visualizing Data*. O'Reilly Media, Inc.
- Gabriel-Petit, P. (2011, 05.01.2011). The Essence of Interaction Design—Part I: Designing Virtual Contexts for Interaction Retrieved 02.01.2013, 2013, from <http://www.uxmatters.com/mt/archives/2011/01/the-essence-of-interaction-designpart-i-designing-virtual-contexts-for-interaction.php>
- Gervautz, M., & Schmalstieg, D. (2012). Anywhere Interfaces Using Handheld Augmented Reality. *Computer*, 45(7), 26-31. doi: 10.1109/mc.2012.72
- Gloria E. Jaramillo, J. E. Q., Cesar A. Cartagena, Carlos A. Vivares, John W. Branch. (2010). MOBILE AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN DAILY ENVIRONMENTS. *EIA - Escuela de Ingeniería de Antioquia*(14).
- Grigsby, J. (2010). Mobile operating systems and browsers are headed in opposite directions, from <http://programming.oreilly.com/2010/05/mobile-operating-systems-and-b.html>
- Grill, T., Kepler, K., Biel, B., & Gruhn, V. (2009). A Pattern Approach to Mobile Interaction Design. *it-Information Technology*, 51(2), 93-101. Retrieved from <http://intranet.paluno.uni-due.de/bibliography/aigaion2/index.php/publications/show/93> doi:10.1524/itit.2009.0528
- Gruman, G. (2011). The iPad's victory in defining the tablet: What it means Retrieved 24-06-2013, 2013, from <http://www.infoworld.com/d/mobile-technology/the-ipads-victory-in-defining-the-tablet-what-it-means-431>
- Gube, J. (2010). What Is User Experience Design? Overview, Tools And Resources Retrieved 12-12, 2012, from <http://uxdesign.smashingmagazine.com/2010/10/05/what-is-user-experience-design-overview-tools-and-resources/>
- Guyen, S., Feiner, S., & Oda, O. (2006, 22-25 Oct. 2006). *Mobile augmented reality interaction techniques for authoring situated media on-site*. Paper presented at the Mixed and Augmented Reality, 2006. ISMAR 2006. IEEE/ACM International Symposium on.
- Hollerer, T. H. (2004). *User Interfaces for Mobile Augmented Reality Systems*. (PhD), Columbia University, New York.

- Hom, J. (1998, 10.06.2006). The Usability Methods Toolbox Retrieved 08.05.2012, 2012, from <http://usability.jameshom.com/>
- Huberty, K., Lipacis, M., Holt, A., Gelblum, E., Devitt, S., Swinburne, B., . . . Schneider, M. (2011). Tablet Demand and Disruption. In M. Stanley (Ed.): Morgan Stanley.
- Interactions, T. (2013). Touch interactions Retrieved 23-12-2013, 2013, from <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/apps/hh465415.aspx>
- Kaidi, Z. (2000). Data visualization. Singapore: National University of Singapore.
- Keatley, S. (2012). Agile, OmniGraffle, and Native Mobile Wireframing Retrieved 23-09-2013, 2012, from <http://www.uxmatters.com/mt/archives/2012/11/agile-omnigraffle-and-native-mobile-wireframing.php>
- Kendrick, J. (2012). Hybrid, slider, convertible: A tablet terminology guide Retrieved 11-06-2013, 2013, from <http://www.zdnet.com/hybrid-slider-convertible-a-tablet-terminology-guide-7000003651/>
- Kim, M. J. (2012). A framework for context immersion in mobile augmented reality. *Automation in Construction*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.10.020>
- Kjeldskov, J. (2013). Mobile Computing Retrieved 2013-03-23, 2013, from http://www.interaction-design.org/encyclopedia/mobile_computing.html
- Klepper, S. (2007). Augmented Reality - Display Systems. Retrieved from http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingSs07ArProseminar/1_Display-Systems_Klepper_Report.pdf
- Knight, S. (2011). Samsung: Stanley Kubrick invented the tablet in "2001: A Space Odyssey" Retrieved 12-06, 2013, from <http://www.techspot.com/news/45209-samsung-stanley-kubrick-invented-the-tablet-in-2001-a-space-odyssey.html>
- Koch, P.-P., Land, M., Rieger, S., Walton, T., Frost, B., Olsen, D., . . . Clark, J. (2012). *The mobile book* (Vol. 1). Freiburg, Germany: Smashing Media GmbH.
- Koh, R. K. C., Duh, H. B. L., & Jian, G. (2010, 13-16 Oct. 2010). *An integrated design flow in user interface and interaction for enhancing mobile AR gaming experiences*. Paper presented at the Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH), 2010 IEEE International Symposium On.
- Kool, M. (2012). Let's Play With Hardware-Accelerated CSS Retrieved 5-3-2013, 2013, from <http://mobile.smashingmagazine.com/2012/06/21/play-with-hardware-accelerated-css/>
- Kratz, S., Hemmert, F., & Rohs, M. (2010). Natural User Interfaces in Mobile Phone Interaction *Workshop on Natural User Interfaces at CHI 2010*. Atlanta, Georgia, USA.
- Kuo-ying, H. (2009). Challenges in Human-Computer Interaction Design for Mobile Devices. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2178(1), 236.
- Li, N., & Duh, H.-L. (2013). Cognitive Issues in Mobile Augmented Reality: An Embodied Perspective. In W. Huang, L. Alem & M. A. Livingston (Eds.), *Human Factors in Augmented Reality Environments* (pp. 109-135): Springer New York.
- Mawston, N. (2012). Android Captures Record 41 Percent Share of Global Tablet Shipments in Q3 2012 Retrieved 24-06-2013, 2013, from

<http://blogs.strategyanalytics.com/TTS/post/2012/10/25/Android-Captures-Record-41-Percent-Share-of-Global-Tablet-Shipments-in-Q3-2012.aspx>

Memetic, D. (2012). Escaping The Walled Gardens In The Clouds Retrieved 25-09-2013, 2013, from <http://www.tech-faq.com/escaping-the-walled-gardens.html>

Merriam, S. B. (1988). *Case study research in education: A qualitative approach*.

Miller, C. (2012). Press Release: Over 2.5 billion Mobile Augmented Reality Apps to Be Installed Per Annum by 2017 Retrieved 4-01, 2013, from <http://www.juniperresearch.com/viewpressrelease.php?pr=334>

Modisett, H. (2013). Design with motion Retrieved 23-02-2013, 2013, from <http://tympanus.net/codrops/2013/02/08/designing-with-motion/>

Mora, S., Boron, A., & Divitini, M. (2012). CroMAR: Mobile augmented reality for supporting reflection on crowd management. *International Journal of Mobile Human Computer Interaction (IJMHCI)*, 4(2), 88-101.

Morris, R. (2009). 5 Simple Tricks To Bring Light and Shadow Into Your Designs Retrieved 4-4-2013, 2013, from <http://www.smashingmagazine.com/2009/04/20/5-simple-tricks-to-bring-light-and-shadow-into-your-designs/>

Mulloni, A., Dünser, A., & Schmalstieg, D. (2010). *Zooming interfaces for augmented reality browsers*. Paper presented at the Proceedings of the 12th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services, Lisbon, Portugal.

Nagata, S. F., Oostendorp, H. v., & Neerincx, M. A. (2004). *Interaction design concepts for a mobile personal assistant*. Paper presented at the Proceedings of the conference on Dutch directions in HCI, Amsterdam, Holland.

Nayebi, F., Desharnais, J.-M., & Abran, A. (2012). *The state of the art of mobile application usability evaluation*.

Nielsen, J. (1995). 10 Usability Heuristics Retrieved 3-01, 2013, from <http://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Nielsen, J. (2009a). Mobile Usability, First Findings Retrieved 13-13, 2013, from <http://www.nngroup.com/articles/mobile-usability-first-findings/>

Nielsen, J. (2009b). Your guide to developing usable and useful websites Retrieved 19/12, 2012, from <http://www.usabilitygov.com/basics/whatusa.html>

Nielsen, J. (2012). Mobile Site vs. Full Site Retrieved 13-12, 2012, from <http://www.nngroup.com/articles/mobile-site-vs-full-site/>

Ogg, E. (2010). What makes a tablet a tablet? (FAQ) Retrieved 31-06-2013, 2013, from http://news.cnet.com/8301-31021_3-20006077-260.html?tag=newsLeadStoriesArea.1

Olavsrud, T. (2002). Tablet PC: Coming to an Office Near You? Retrieved 13-06-2013, 2013, from <http://www.datamation.com/netsys/article.php/1495701/Tablet-PC-Coming-to-an-Office-Near-You.htm>

Oliveira, L. (2006). *Metodologia do desenvolvimento: um estudo da criação de um ambiente de e-learning para o ensino presencial universitário* (Vol. 1): Educação Unisinos.

Park, S. (2013). *The process of adapting to mobile tablet devices by switching between distractive and productive multitasking*.

- Poslad, S. (2009). *Ubiquitous Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*: Wiley-Blackwell.
- Quivy, R., & Van Campenhoudt, L. (1998). Manual de investigação em ciências sociais.
- Reality, T. B. P. o. A. (2011). The Big Picture of Augmented Reality Retrieved 14-09-2013, 2013, from <http://www.metaio.com/press/press-release/2011/ar-on-tablets/>
- Rodrigues Jr, J. F., Traina, A., & Traina Jr, C. (2003). *Enhancing data visualization techniques*. Paper presented at the Third IEEE Intl. Workshop on Visual Data Mining-VDM@ ICDM03.
- Rosewood, L. (2012). Global mobile statistics 2013 Section E: Mobile apps, app stores, pricing and failure rates Retrieved 24-09-2013, 2013, from <http://mobithinking.com/mobile-marketing-tools/latest-mobile-stats/e-lotsofapps>
- Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). *Handbook of usability testing* (2 ed.). Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.
- Seichter, H., Grubert, J., & Langlotz, T. (2013). *Designing mobile augmented reality*. Paper presented at the Proceedings of the 15th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, Munich, Germany.
- Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction* (Vol. 2): John Wiley & Sons.
- Shore, J. (2012, 24.09.2012). Where Did Augmented Reality Come From?. Retrieved 02.01.2013, 2013, from <http://mashable.com/2012/09/24/augmented-reality/>
- Sousa, R., Nisi, V., & Oakley, I. (2009). Glaze: A Visualization Framework for Mobile Devices. In T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. Prates & M. Winckler (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009* (Vol. 5726, pp. 870-873): Springer Berlin Heidelberg.
- Tennø, H. (2010). What is mobile? Retrieved 12-09-2013, 2013, from <http://www.180360720.no/index.php/archive/what-is-mobile/>
- Tseng, A. (2012). Finger-Friendly Design: Ideal Mobile Touchscreen Target Sizes Retrieved 4-04-2013, 2013, from <http://uxdesign.smashingmagazine.com/2012/02/21/finger-friendly-design-ideal-mobile-touchscreen-target-sizes/>
- Tullis, T., & Albert, B. (2008). Measuring the user experience. *Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics*.
- Tullis, T., & Albert, W. (2008). *Measuring the user experience - Collecting, Analysing, and Presenting Usability Metrics* (Vol. 1). San Francisco.
- . User Experience - Our Definition. (2012) Retrieved 17-12, 2012, from <http://www.nngroup.com/about/user-experience-definition>
- Van Krevelen, D., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1.
- Wallen, J. (2013). Leading tablet feature-to-feature comparison chart Retrieved 25-09-2013, 2013, from <http://www.techrepublic.com/blog/tablets-in-the-enterprise/leading-tablet-feature-to-feature-comparison-chart/>
- Weevers, I. (2012). Seven Guidelines For Designing High-Performance Mobile User Experiences *Mobile Design Patterns* (Vol. 1): Smashing Media GmbH.

- . What is usability? (2006) Retrieved 16-01, 2013, from http://www.usabilitynet.org/management/b_what.htm
- Whitney, L. (2013). Apple still tops in tablets, despite dwindling market share Retrieved 12-11-2013, 2013, from http://news.cnet.com/8301-13579_3-57609981-37/apple-still-tops-in-tablets-despite-dwindling-market-share/
- Winograd, T. (1997). The design of interaction. In J. D. Peter & M. M. Robert (Eds.), *Beyond calculation* (pp. 149-161): Copernicus.
- Wroblewski, L. (2012). Responsive Navigation: Optimizing for Touch Across Devices Retrieved 14-12-2012, 2012, from <http://www.lukew.com/ff/entry.asp?1649=>
- Yovcheva, Z., Buhalis, D., & Gatzidis, C. (2012). Overview of smartphone augmented reality applications for tourism. *e-Review of Tourism Research*, 10(2).

Anexos

Esta secção da dissertação apresenta os documentos em anexo. Os documentos aqui apresentados dizem respeito a vários suportes produzidos em diversas fases de desenvolvimento do projeto de investigação. Estes documentos podem ser também consultados no DVD que acompanha a dissertação.

Anexo I - Questionário de caracterização dos participantes

INQUÉRITO CARATERIZAÇÃO DA AMOSTRA	DATA: ____/____/____ GRUPO _____ Nº _____
---	---

DADOS PESSOAIS	
NOME _____ _____	
IDADE _____	
GÉNERO	<input type="checkbox"/> MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMININO
HABILITAÇÕES LITERÁRIAS	<input type="checkbox"/> SECUNDÁRIO <input type="checkbox"/> LICENCIATURA <input type="checkbox"/> MESTRADO <input type="checkbox"/> DOUTORAMENTO <input type="checkbox"/> OUTRO _____

DISPOSITIVOS MÓVEIS

JÁ UTILIZOU DISPOSITIVOS MÓVEIS COM *TOUCH SCREEN*?

- ☐ SIM
☐ NÃO

JÁ INTERAGIU COM DISPOSITIVOS *TABLET*

- ☐ SIM
☐ NÃO

QUAL A FREQUÊNCIA COM QUE UTILIZA ESTE DISPOSITIVO POR SEMANA

- ☐ ATÉ 1 HORA/SEMANA
☐ ATÉ 5 HORAS/SEMANA
☐ MAIS DE 5 HORAS/SEMANA
☐ NÃO UTILIZA/NUNCA UTILIZOU
-

Anexo II - MarvIn: Guião de avaliação

GUIÃO

DE AVALIAÇÃO – PROTÓTIPO

DATA: ____/____/____

GRUPO _____

Nº _____

Nome _____

O presente guião tem como objetivo registar tarefas executadas pelos participantes na fase de testes do protótipo MarVin – *Mobile Augmented Reality Interaction and Visualization* - do projeto de dissertação do Mestrado em Comunicação Multimédia da Universidade de Aveiro 2012/2013. Este documento encontra-se estruturado da seguinte forma:

- registo de tarefas que o utilizador realiza através de um guião;
- Expor e registar questões apresentadas aos participantes no decorrer do teste;

1º
TAREFA

Inicie a aplicação

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS

1º
QUESTÃO

Quantas entidades estão sob alarme?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

2º
QUESTÃO

Que tipo de alarmes existem no equipamento?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

**3º
QUESTÃO**

A que horas foi recebido o último registo do 2º alarme?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

**2º
TAREFA**

Identifique visualmente a localização do porto do 2º alarme

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS

**4º
QUESTÃO**

Qual a designação dos equipamentos em alarme

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

**5º
QUESTÃO**

Qual a potencia de cada equipamento?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

3º
TAREFA

Inicie o assistente de operação para o 4º alarme

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS

4º
TAREFA

Desative o A.L.S.

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS

5º
TAREFA

Verifique fisicamente o estado do SFP e atue em conformidade

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS

6º
TAREFA

Tente sair do assistente mas não confirme a saída

CONCLUÍDA COM SUCESSO

☐

SEM AJUDA

☐

COM AJUDA

☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS _____

6º
QUESTÃO

Os SFP's têm características diferentes? (Agir em conformidade)

RESPOSTA CORRETA ☐
RESPOSTA INCORRETA ☐
OBSERVAÇÕES: _____

7º
TAREFA

Após verificar a acoplagem das fibras, teste a ligação

CONCLUÍDA COM SUCESSO ☐
SEM AJUDA ☐
COM AJUDA ☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS _____

8º
TAREFA

Identifique visualmente os portos onde deve trocar as fibras entre equipamentos

CONCLUÍDA COM SUCESSO ☐
SEM AJUDA ☐
COM AJUDA ☐

TEMPO DE _____
EXECUÇÃO
QUESTÕES
COLOCADAS _____

9º

Verifique se a ligação foi reposta

TAREFA	CONCLUÍDA COM SUCESSO	<input type="checkbox"/>
	SEM AJUDA	<input type="checkbox"/>
	COM AJUDA	<input type="checkbox"/>
	TEMPO DE EXECUÇÃO	_____
	QUESTÕES COLOCADAS	_____ _____ _____

7º QUESTÃO	O alarme foi resolvido com sucesso?	
	RESPOSTA CORRETA	<input type="checkbox"/>
	RESPOSTA INCORRETA	<input type="checkbox"/>
	OBSERVAÇÕES:	_____ _____ _____

8º QUESTÃO	Ainda existem alarmes?	
	RESPOSTA CORRETA	<input type="checkbox"/>
	RESPOSTA INCORRETA	<input type="checkbox"/>
	OBSERVAÇÕES:	_____ _____ _____

COMPORTAMENTOS VERBAIS

Comentários positivos

Comentários Negativos

Comentários positivos

Questões/dúvidas

COMPORTAMENTOS NÃO VERBAIS

Sorrir/felicidade

Surpresa

Sobrancelha arqueada/concentração

Frustração

Evidência de impaciência

Bocejar/aborrecimento

Outros

Anexo III - MarvIn: Guião de tarefas – participantes

GUIÃO

DE TAREFAS – PROTÓTIPO

DATA: __/__/____

O presente guião tem como objetivo guiar o participante na execução de um conjunto de tarefas sequenciais que deverá realizar durante o teste. Durante a realização de determinadas tarefas, o investigador poderá colocar algumas questões relacionadas com a tarefa em causa.

BREVE DESCRIÇÃO DO PROTÓTIPO

O protótipo de teste utilizado nesta fase do projeto de dissertação do Mestrado em Comunicação Multimédia da Universidade de Aveiro, ano letivo de 2013, tem como objetivo analisar e avaliar determinados modelos de visualização e interação de informação em contexto de realidade aumentada desenvolvidos anteriormente. O protótipo ilustra um *use case* específico, cujo objetivo é: através de um conjunto de tarefas sequenciais, determinadas a partir de assistente de operação, dar resposta a um conjunto de alarmes associados a um equipamento de telecomunicações designado de PP360.

NOTAS IMPORTANTES:

- O teste deve ser iniciado com o *tablet* apontado para o equipamento na orientação *landscape*. Quando o participante achar que esta postura não é determinante para a tarefa em que se encontra no momento, poderá reajustar o posicionamento do *tablet* para uma posição mais confortável de uso, por exemplo, em casos em que não é necessário visualizar ou identificar determinados elementos na visualização (imagem estática);
- Algumas tarefas exigem interação física com o equipamento de teste, e neste caso deverá posicionar o *tablet* da maneira que melhor entender;
- Numa tarefa em específico, o participante deverá compreender a instrução e agir em conformidade com esta sem qualquer questão ou apoio do investigador;
- A opção de testar ligação tem como objetivo simular a verificação junto de um sistema se determinada entidade mudou de estado, neste caso, se o alarme deixou de se registar;
- Existe um ícone no canto inferior esquerdo que deve ser ignorado pelo participante, pois faz parte da aplicação em que se encontra a correr o protótipo;

1

TAREFA

Inicie a aplicação

2

TAREFA

Identifique visualmente a localização do porto do 2º alarme

3 TAREFA	Inicie o assistente de operação para o 4º alarme
4 TAREFA	Desative o A.L.S.
5 TAREFA	Verifique fisicamente o estado do SFP e atue em conformidade
6 TAREFA	Tente sair do assistente mas não confirme a saída
7 TAREFA	Após verificar a acoplagem das fibras, teste a ligação
8 TAREFA	Identifique visualmente os portos onde deve trocar as fibras entre equipamentos
9 TAREFA	Verifique se a ligação foi reposta

Anexo IV - Modelos de visualização de dados: guião de avaliação

GUIÃO

DE AVALIAÇÃO – MODELOS DE VISUALIZAÇÃO DE DADOS

DATA: ____ / ____ / ____

GRUPO _____

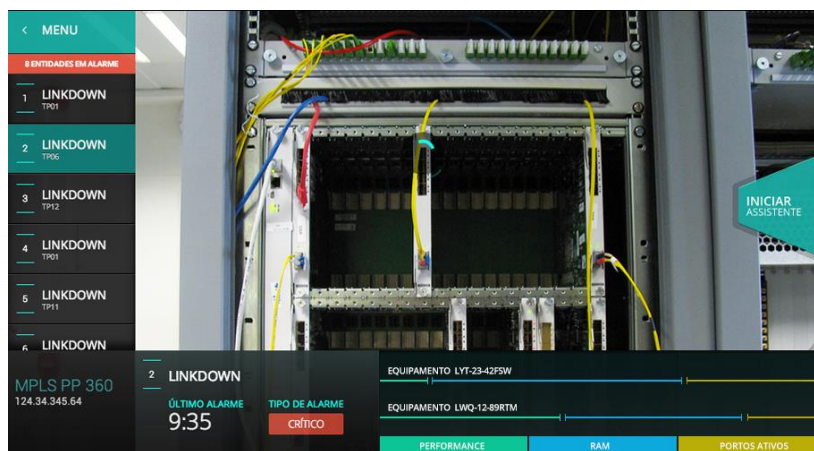
Nº _____

Nome _____

O presente guião tem como objetivo de registar as respostas dadas pelos participantes a um conjunto de questões colocadas pelo investigador, referente à fase de testes do protótipo MarVin – *Mobile Augmented Reality Interaction and Visualization* - do projeto de dissertação do Mestrado em Comunicação Multimédia da Universidade de Aveiro 2012/2013. Este documento encontra-se estruturado da seguinte forma:

- 1 modelo de relação abstrata de grandezas;
- 1 modelo de relação e quantificação abstrata de grandezas;
- 1 modelo de relação e quantificação numérica de grandezas;
- 1 modelo de relação de variação abstrata de grandezas;

MODELO DE *DYNAMIC BARS*



Qual a cor referente ao indicador de performance?

1º
QUESTÃO

RESPOSTA CORRETA

RESPOSTA INCORRETA

OBSERVAÇÕES:

☐☐

2º
QUESTÃO

Quantos equipamentos estão a ser utilizados?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

3º
QUESTÃO

Qual o equipamento que tem uma performance acima da média?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

4º
QUESTÃO

Qual o equipamento cujos portos ativos se encontra perto da média?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

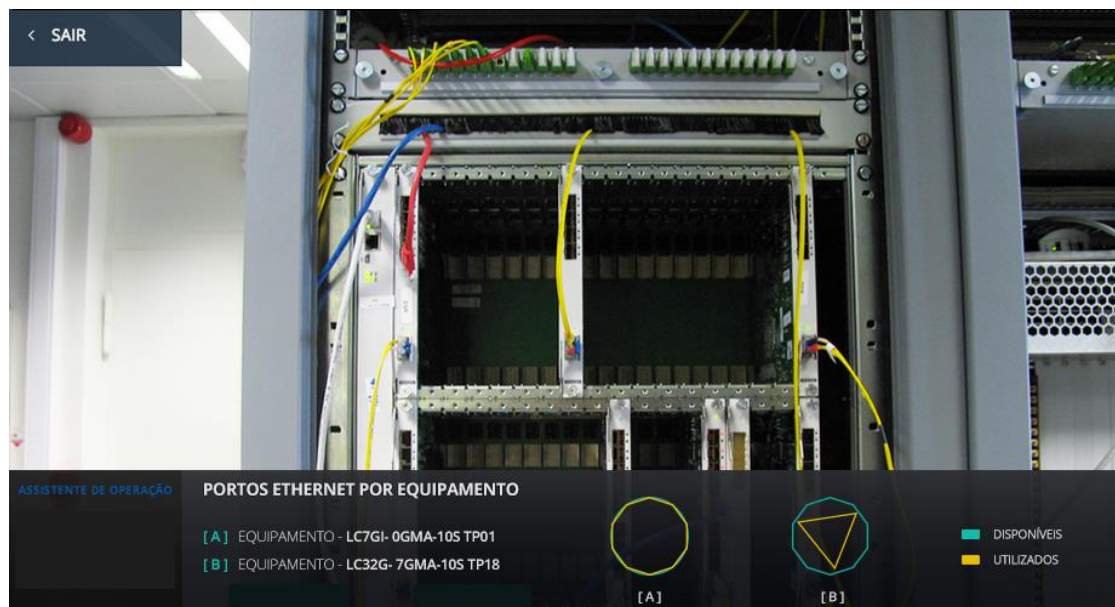
5º
QUESTÃO

Faça uma análise entre equipamentos e indicadores associados a cada equipamento

TEMPO DE RESPOSTA

OBSERVAÇÕES:

MODELO DE QUANTIFICAÇÃO ABSTRATA



Qual o equipamento que tem mais portos utilizados?

RESPOSTA CORRETA

RESPOSTA INCORRETA

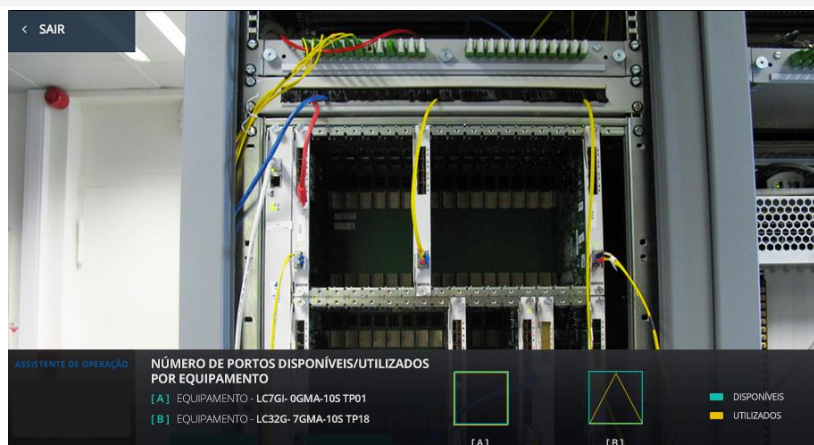
OBSERVAÇÕES:

☐☐

1º

QUESTÃO

MODELO DE QUANTIFICAÇÃO NÚMERICA



1º
QUESTÃO

Qual o equipamento que tem todos os portos ocupados?

RESPOSTA CORRETA

RESPOSTA INCORRETA

OBSERVAÇÕES:

☐☐

2º
QUESTÃO

Qual é o nº de portos utilizados no equipamento B?

RESPOSTA CORRETA

RESPOSTA INCORRETA

OBSERVAÇÕES:

☐☐



1º
QUESTÃO

Existe algum equipamento com falhas de Hardware? Se sim, qual?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

2º
QUESTÃO

Qual a falha mais crítica do equipamento A?

RESPOSTA CORRETA

☐

RESPOSTA INCORRETA

☐

OBSERVAÇÕES:

COMPORTAMENTOS VERBAIS

Comentários positivos

Comentários Negativos

Comentários positivos

Questões/dúvidas

COMPORTAMENTOS NÃO VERBAIS

Sorrir/felicidade

Surpresa

Sobrancelha arqueada/concentração

Frustração

Evidência de impaciência

Bocejar/aborrecimento

Outros

Anexo V - Modelos de visualização de dados: guião de questões – participantes

GUIÃO

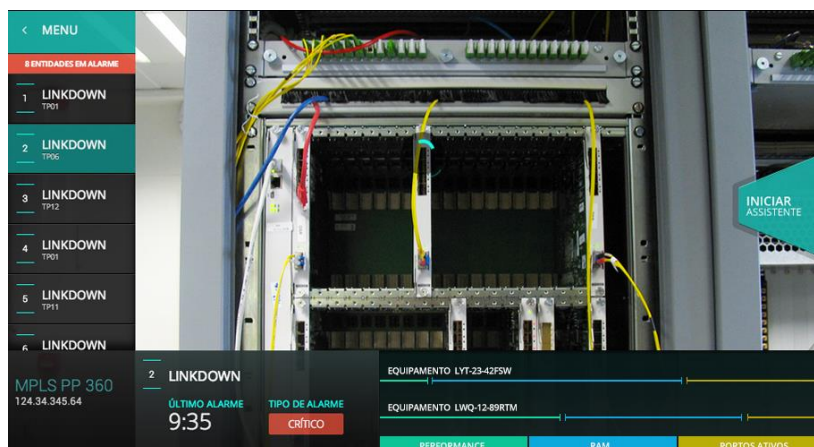
DE QUESTÕES – PROTÓTIPO

DATA: __/__/____

O presente guião de questões tem como objetivo avaliar a validade dos modelos de visualização de informação apresentados.

Os modelos apresentados tem como objetivo apresentar relações entre grandezas abstratas e numéricas.

MODELO DE *DYNAMIC BARS*



1

QUESTÃO

Qual a cor referente ao indicador de performance?

2

QUESTÃO

Quantos equipamentos estão a ser utilizados?

3

QUESTÃO

Qual o equipamento que tem uma performance acima da média?

4

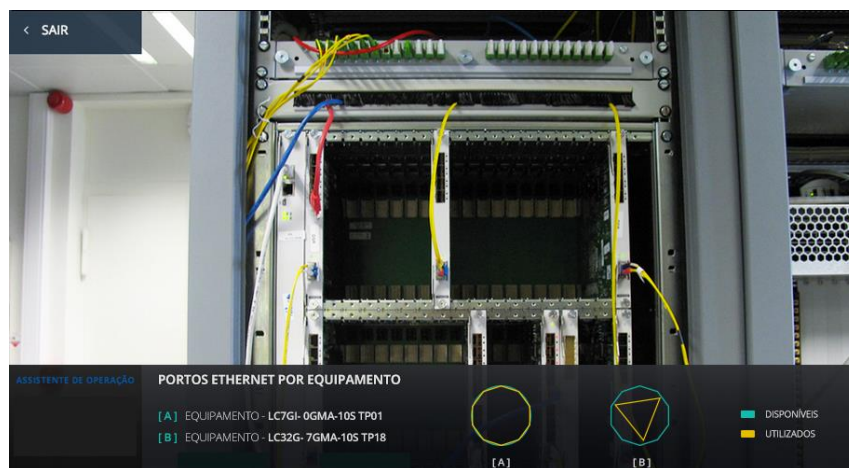
QUESTÃO

Qual o equipamento cujos portos ativos se encontra perto da média?

5
QUESTÃO

Faça uma análise entre equipamentos e indicadores associados a cada equipamento.

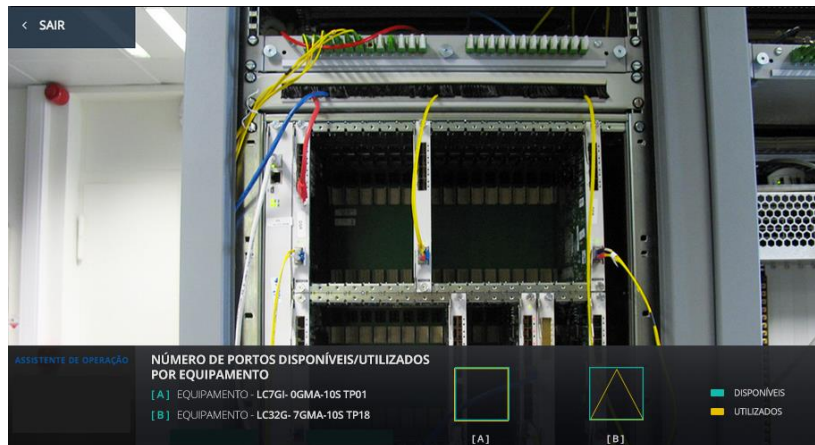
MODELO DE QUANTIFICAÇÃO ABSTRATA



1
QUESTÃO

Qual o equipamento que tem mais portas utilizadas?

MODELO DE QUANTIFICAÇÃO NUMÉRICA



1

QUESTÃO

Qual o equipamento que tem todos os portos ocupados?

2

QUESTÃO

Qual o número de portos utilizados no equipamento B?

MODELO DE VARIAÇÃO ABSTRATA



1

QUESTÃO

Existe algum equipamento com falhas de *Hardware*? Se sim qual?

2

QUESTÃO

Qual a falha mais crítica do equipamento A?

Anexo VI - Checklist de planeamento de avaliação

Documento DE PLANEAMENTO ENTREVISTAS & TESTES	DATA: __/__/____
Este documento tem como objetivo servir de apoio ao planeamento de todo o <i>setup</i> necessário para a realização dos testes, tanto do protótipo bem como dos modelos	

- | | |
|---|--|
| 1 | Apresentar o projeto a todos os participantes
OS TESTES SÃO COMPOSTOS POR DOIS MÓDULOS, ENTRE OUTROS.. |
| 2 | Indicar aspetos importantes a ter em conta antes dos testes
ALGUMAS NOTAS EXISTEM NO GUIÃO DE TAREFAS |
| 3 | Posicionar os participantes de forma que seja possível a captação do vídeo e do áudio da melhor maneira possível |
| 4 | Deixar os participantes o mais à vontade possível
VERIFICAR TÉCNICAS DE RELAXAMENTO |
| 5 | Certificar que todo o equipamento e materiais de teste se encontram devidamente posicionados nos devidos locais de teste.
NO FINAL E INÍCIO DE CADA TESTE VERIFICAR ESTAS CONDIÇÕES |
| 6 | Dar algum “lembrança” ao participante e agradecer-lhe a disponibilidade e interesse em participar no teste |
| 7 | Confirmar que todos os participantes estão disponíveis para participar no teste no dia/hora agendada |

NOTAS PRÉ-TESTE

1

Falar com a Ana Freitas para reservar uma sala, ver a questão da rede Wi-Fi, e ver onde é possível requisitar 2 câmaras de vídeo e, possivelmente, 2 tripés de suporte

2

Falar com o Nuno Balseiro para a disponibilização dos materiais:
EQUIPAMENTO PP360, FIBRAS, SFP'S COM DETERMINADAS CARATERÍSTICAS

3

Criar agenda de testes para os participantes
DEFINIÇÃO DE PARTICIPANTES, HORAS, LOCAL, COMUNICAR ESTA INFO AS PARTICIPANTES, VERIFICAR A DISPONIBILIDADE DO LOCAL.

NOTAS PÓS-TESTES

1

Entregar todo o equipamento requisitado

2

Agradecer a todos os participantes

3

Validar o registo de todos os testes

4

Passar toda a informação de registo para o computador

Anexos Digitais

Anexo digital I – Análise descritiva de cenários de uso

Análise descritiva de cenários de uso – Este documento contém toda a análise efetuada às diferentes aplicações e suportes que fundamentam o estado da arte.

Consultar DVD (Anexo I/ Analise cenários de uso)

Anexo digital II – Questionário de caracterização dos participantes

Questionário de caracterização dos participantes – Documento que contém o questionário apresentado aos participantes tendo em vista a sua caracterização.

Consultar DVD (Anexo II/ Questionário caracterização participantes)

Anexo digital III – MarvIn: Guião de avaliação

MarvIn: Guião de avaliação – Documento de registo utilizado no processo de avaliação do protótipo MarvIn.

Consultar DVD (Anexo III/ MarvIn guião observação)

Anexo digital IV – MarvIn: Guião de tarefas – participantes

MarvIn: Guião de tarefas – Documento de suporte à execução de tarefas utilizado no processo de avaliação do protótipo MarvIn.

Consultar DVD (Anexo IV/ MarvIn guião tarefas participantes)

Anexo digital V – Modelos de visualização de dados: guião de questões participantes

Modelos de visualização de dados – Documento de avaliação dos modelos de visualização de dados entregue aos participantes.

Consultar DVD (Anexo V/ Modelos visualização dados – guião participantes)

Anexo digital VI – Modelos de visualização de dados: guião de avaliação

Modelos de visualização de dados – Documento de registo utilizado durante a avaliação dos modelos de visualização de dados

Consultar DVD (Anexo VI/ Modelos visualização dados – guião observação)

Anexo digital VII – Checklist de planeamento de avaliação

Checklist de planeamento de avaliação – Documento de suporte à condução da avaliação do MarvIn bem como dos modelos de visualização de dados.

Consultar DVD (Anexo VII/ Checklist planeamento avaliação)

Anexo digital VIII – Resultados globais de avaliação

Resultados globais de avaliação – Ficheiro com os resultados globais de ambos os processos de avaliação.

Consultar DVD (Anexo VIII/ Resultados globais avaliação)

Anexo digital IX – Resultados de avaliação: MarvIn

Resultados de observação do MarvIn – Ficheiro descritivo dos resultados de observação decorridos do processo de avaliação do MarvIn

Consultar DVD (Anexo IX/ Resultados observação MarvIn)

Anexo digital X – Análise global dos resultados de avaliação

Análise global dos resultados de avaliação – Ficheiro relativo às diferentes análises efetuadas aos dados resultantes do processo de avaliação do MarvIn e dos modelos de visualização de dados

Consultar DVD (Anexo X/ Análise global resultados avaliação)

Anexo digital XI – Resultados de avaliação dos modelos de visualização de dados

Este ficheiro apresenta a descrição da análise efetuada aos dados recolhidos da avaliação dos modelos de informação e dados

Consultar DVD (Anexo XI/ Avaliação modelos de informação)

Anexo digital XII – MarvIn: Protótipo

MarvIn: Protótipo – Ficheiros relativos ao protótipo MarvIn

Consultar DVD (Anexo XI/ Marvin protótipo)